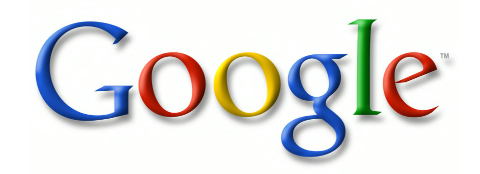


This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

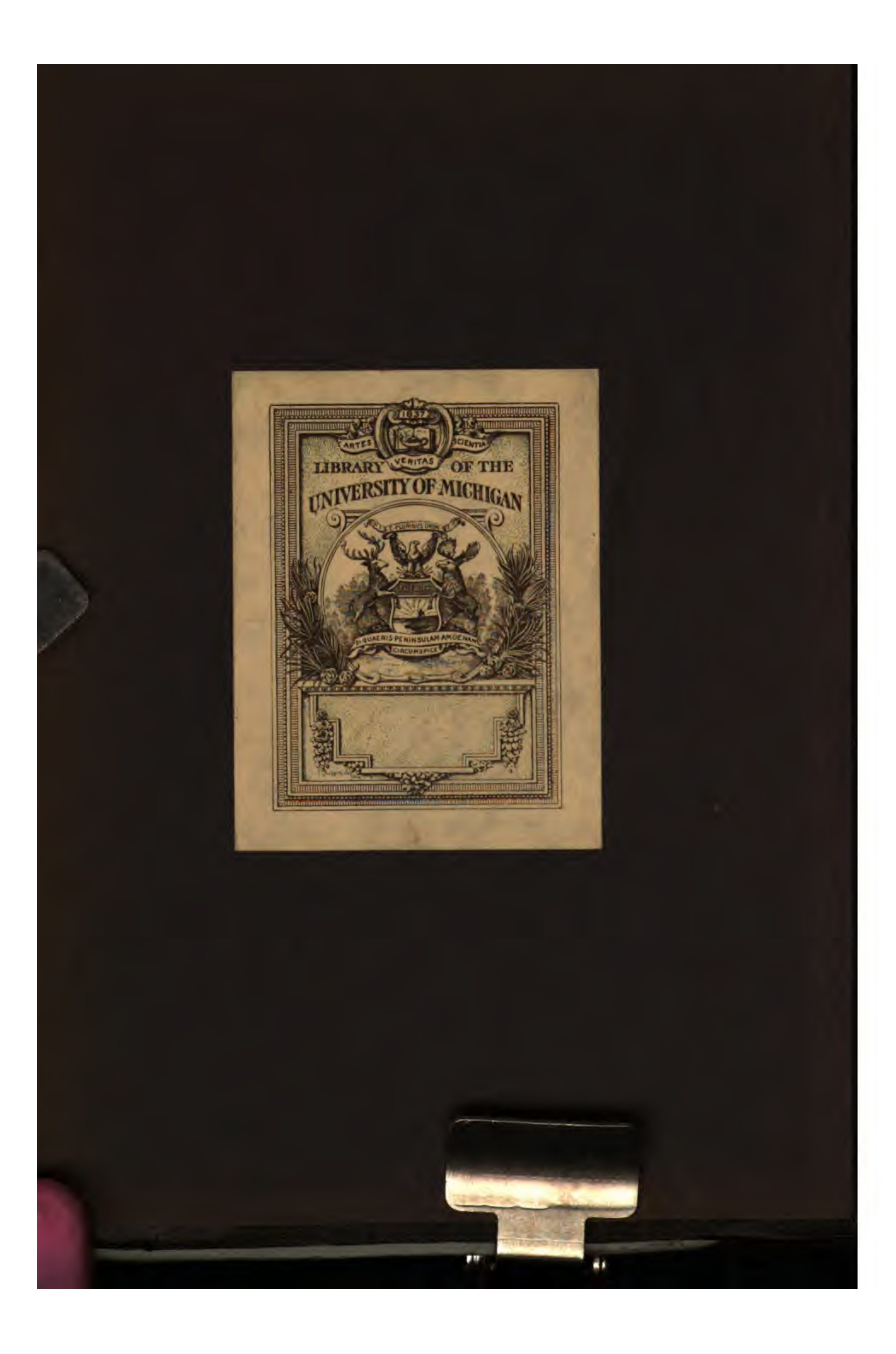
Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.


B 429093



1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE



TN
263
.B39
1909

Lehre

von den

Erzlagerstätten

von

Dr. Richard Beck

Professor der Geologie und Lagerstättenlehre a. d. Kgl. Bergakademie zu Freiberg, Kgl. sächs. Oberbergrat, Ehrenmitglied des American Institute of Mining Engineers, Dr. h. c. Genev.

Dritte, stark umgearbeitete Auflage in zwei Bänden

Mit 318 Figuren

Zweiter Band

Berlin

Verlag von Gebrüder Borntraeger

SW 11 Grossbeeren Strasse 9

1909

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung, vorbehalten
Copyright, 1909, by Gebrüder Borntraeger in Berlin

Neu-Ruppin, Buchdruckerei von E. Buchbinder (H. Duske).

Inhalt des Zweiten Bandes.

266816

Vierter Abschnitt.

Seite

Fünfter Abschnitt.

Epigenetische Erzstöcke

Sechster Abschnitt.

Siebenter Abschnitt.

Achter Abschnitt.

Neunter Abschnitt.

C. Über verschiedene Abweichungen in der Erzführung der Gänge und über die gegenseitigen Beziehungen zwischen der Erzführung und dem Nebengestein.

a) Über mineralogische Verschiedenheiten in der Erzführung bei Gangabschnitten von verschiedener Teufe.

In diesem Abschnitt soll es sich ausschließlich um ursprüngliche Abweichungen im mineralogischen und strukturellen Charakter verschiedener Tiefenzonen von Erzgängen handeln. Die Abweichungen von der normalen Ausbildung der Gänge oberhalb des Grundwasserspiegels im sogenannten Hut, wie sie durch den Einfluß der Atmosphärilien zustande kommen, werden dagegen später, im VI. Abschnitt, vorgeführt werden. In diesem Sinne ist im folgenden ausschließlich von primären Teufenunterschieden die Rede.

Eine sehr verbreitete Anschauung aus älterer Zeit ist die von der allmählichen Vertaubung der Erzgänge in größeren Teufen, weit unter der Region des Eisernen Hutes. Es würde dieses Verhalten einen in praktischer Beziehung sehr wichtigen primären Teufenunterschied darstellen. Zum Teil ist diese Ansicht indessen wohl gebildet nach Analogie der Beobachtungen beim Übergang aus dem Hut in die unzersetzte Gangregion, wobei ja eine starke Verringerung des Erzgehaltes sehr häufig wahrgenommen werden mußte. Man stellte sich nun die Verringerung als etwas Konstantes vor. Darauf wohl hauptsächlich basierten die älteren Annahmen, daß besonders die Golderzgänge in größeren, dem Bergbau aber noch zugänglichen Teufen vertauben müßten, wie dies z. B. in Kalifornien ehedem als eine Tatsache galt. Die neueren Tiefbauten auf Golderzgängen sowohl in diesem Lande, als namentlich in Australien haben diese Befürchtung nicht bewiesen. Wir

sahen, daß z. B. einzelne Gänge in Viktoria noch in 1250 m Teufe bauwürdig sind. Vielfach hatten wohl auch nur lokale Vertaubungszonen, die man mit den älteren, weniger vollkommenen bergbaulichen Methoden oder mit den geringen zur Verfügung stehenden Geldmitteln zu überwinden gar nicht in der Lage war, diesen Glauben von der in größerer Teufe erfolgenden Vertaubung ganzer Ganggebiete überhaupt hervorgerufen. Einzelne weiter blickende Männer mußten dieses Vorurteil erst mühsam bekämpfen, wie einst Freiherr von Herder[1]) bei seinem 1838 aufgestellten Plane des Tiefsten Stollns im Freiberger Revier, der dann später als Rothschönberger Stolln in Ausführung kam. In einzelnen Fällen freilich hat sich die Annahme eines solchen Verhaltens tatsächlich als richtig erwiesen, z. B. bei den sogenannten Kobaltrücken Thüringens, die im älteren Schiefergebirge rasch vertauben.

Viel zahlreichere Beobachtungen liegen für einen Wechsel in der primären mineralogischen Zusammensetzung von Erzgängen in verschiedenen Teufen vor. Einige mögen hier folgen:

Auf der Grube Himmelsfürst bei Brand unweit von Freiberg repräsentiert der Silberfund Stehende über der 7. Gezeugstrecke den reinen Typus der Edlen Braunspatformation (karbonspätigen Bleierzformation); zwischen der 7. und 9. gehört er einem Mischtypus zwischen dieser und der kiesig-blendigen Bleierzformation an; unter der 9. Gezeugstrecke endlich hat er ganz und gar das Gepräge der letzteren.

Auf der Grube Junge Hohe Birke daselbst gehörten der Prophet Jonas St. und andere Gänge in oberen Teufen der Kupfererzformation, in tieferen Zonen der kiesig-blendigen Bleierzformation an.

Auch der Turmhof St. der Grube Himmelfahrt bei Freiberg, ein kiesig-blendiger Bleierzgang, war in oberen Teufen sehr kupferreich. Nach alten Ausweisen verhielt sich hier Silber : Kupfer wie 1 : 29,34, in den tieferen Gangzonen dagegen nach neueren Erfahrungen wie 1 : 0,2.

Im allgemeinen will man in den Tiefbauen auf den Freiberger Erzgängen die Wahrnehmung gemacht haben, daß die Menge der mit einbrechenden Kiese mit wachsender Teufe auf Kosten des Bleiglanzes etwas zugenommen hat. So ist auf dem sonst reichen Peter Stehenden der Grube Alte Hoffnung Gottes und auf seiner nordöstlichen Fort-

[1]) Freiherr von Herder. *Der tiefe Meissner Erbstolln.* Leipzig 1838. Schon vor ihm hatte auch G. A. v. Weissenbach gegen die durch A. G. Werner zu Freiberg zum Dogma erhobene Theorie von der geringen Erstreckung der Gänge nach der Tiefe hin Stellung genommen. (Gangverhältnisse 1836, S. 37—38. Vergl. auch 432.)

setzung, dem Einigkeit Morgengang, in über etwa 500 m Teufe der Bleiglanz fast gänzlich von Schwefelkies und Blende verdrängt. Der noch vorhandene Bleiglanz ist zugleich silberärmer geworden. Ähnliches gilt für den Christliche Hilfe Stehenden, Neuglück St. und Beständigkeit Morgengang derselben Grube. Dagegen hat sich bis jetzt in den Freiberger fiskalischen Gruben zwar diese Verkiesung, aber für den Silbergehalt des Bleiglanzes nach Proben an rein ausgesuchtem Material eine gesetzmäßige Abnahme nicht erkennen lassen. Bei ein paar Gängen haben die sehr mühsamen Untersuchungen von A. W. Stelzner und F. Kolbeck eine allmähliche, konstante Abnahme des Silbergehaltes nach der Tiefe hin allerdings ergeben, bei anderen aber sogar das Gegenteil. Die genaueren Resultate sind von dem letztgenannten Autor noch nicht publiziert worden.

Bei Přibram herrschen nach A. Hofmann[1]) in den oberen Teufen vorzüglich Bleiglanz und Silbererze, tiefer Bleiglanz mit einem minimalen Zinngehalt und mit viel Quarz, noch tiefer walten Quarz und Kupfererze vor, und nur wenig zinnhaltiger Bleiglanz bricht ein.

Über die Oberharzer Gruben schreibt F. Klockmann[2]): Gewöhnlich wird angegeben, daß mit dem Tieferwerden der Grubenbaue die Blende in größerer Menge (gegenüber dem Bleiglanz) auftritt." Zirkler[3]) bestätigt das. Auch nimmt der Silbergehalt des Bleiglanzes nach der Tiefe zu bei manchen dortigen Gängen ebenfalls allmählich ab. Nach Zirkler sinkt der Gehalt an Silber, auf 60% Blei berechnet, in den Erzen:

1. Des Burgstädter Hauptganges bei 26 m Teufenunterschied von 0,0889 % auf 0,0609 %.
2. Des Mitteltrums bei 125 m Teufenunterschied von 0,0865 % auf 0,0522 %.
3. Des Bergmannstroster Hangenden Trums bei 261 m Teufenunterschied von 0,0732 % auf 0,0467 %.

Doch scheinen diese Schlüsse noch auf eine viel zu geringe Zahl von Proben gegründet.

Noch einschneidender sind zuweilen Teufenunterschiede bei Zinnerzgängen:

---

[1]) A. Hofmann. *Neues über das Přibramer Erzvorkommen.* Österr. Zeitschr. f. d. B. u. H. Nr. 10, 1906, S. 3.

[2]) *Berg- und Hüttenwesen des Oberharzes.* 1895, S. 48.

[3]) Zirkler. *Über die Gangverhältnisse der Grube Bergmannstrost bei Clausthal.* Glückauf, Essen. 1897, S. 84.

Nach B. von Cotta[1]) sollen die früher bei Seiffen im Erzgebirge bebauten Gänge in oberen Teufen vorzugsweise Zinnerz, tiefer hinab aber mehr Kupfererze geführt haben. Nach H. Müller[2]) hat es sich indessen wohl nur um zufällige Verteilung der Erze innerhalb der genannten Regionen gehandelt.

Noch viel großartiger und jedenfalls genau nachgewiesen ist dieser Wechsel in verschiedenen Teufen bei manchen Cornwaller Zinnerzgängen, wie der in I. S. 297 abgebildete flache Riß der Grube Dolcoath beweist. Da hier die Zinnerzzone nach unten hin noch einmal sich wiederholte, dürften diese Veränderungen nicht ausschließlich von der Teufe abhängen.

Bei den Nordgängen im westlichen Grubenrevier von Joachimsthal lassen sich nach J. Stěp und F. Becke (zit. I. S. 413) deutlich die tieferen Abschnitte mit Quarz, Uranerz und Dolomit von den höheren mit Silber-, Kobalt- und Nickelerzen unterscheiden. Der Edelleutstolln baut zurzeit in der Übergangszone zwischen diesen beiden Niveaus.

Einen recht auffälligen primären Teufenunterschied zeigen nach R. Pilz[3]) die karbonspätigen Bleierzgänge von Mazarrón im südlichen Spanien. Ordnet man nämlich die dortigen Gangmineralien nach abnehmender Häufigkeit ihres Auftretens von oben nach unten, so erhält man folgendes Bild:

Obere Teufen (bis etwa zu 150 m)	Mittlere Teufen (zwischen 150 und etwa 440 m)	Untere Teufen (von 440 m ab)
Bleiglanz	Bleiglanz	Pyrit und Markasit
Zinkblende	Pyrit und Markasit	Dolomit und Braunspat
Pyrit und Markasit	Eisenspat	Bleiglanz
Eisenspat nebst	Braunspat und Dolomit	Eisenspat
Magnetit und Eisenglanz	Gips	Gips
Braunspat und Dolomit	Zinkblende	Kupferkies
Schwerspat	Kupferkies	Zinkblende
Quarz	Schwerspat	
Gips		
Kupferkies		

[1]) B. von Cotta. *Erzlagerstätten.* II, S. 23.

[2]) H. Müller. *Die Erzgänge des Freiberger Bergrevieres.* 1901, S. 133.

[3]) R. Pilz. *Bleiglanzlagerstätten von Mazarrón.* Z. f. pr. G. 1905, S. 403, und ausführlicher als Freiberg-Dresdner Dissert. 1906. Siehe auch dieses Werk I, S. 372—374.

Übrigens zeigen außerdem noch sämtliche Gänge außer dem mächtigen Hauptgange Prodigio in noch größerer Teufe eine allmähliche Vertaubung. Hierzu ist noch zu bemerken, daß mit großer Wahrscheinlichkeit der Magnetit infolge der Temperaturerhöhung bei Zersetzung von Markasit aus dem Eisenspat entstanden ist. Auch Gips ist ein sekundäres Mineral.

Auch bei Gängen der Manganerzformation wurden solche Erscheinungen beobachtet. So führen nach L. de Launay[1]) und J. H. L. Vogt[2]) die im Granit aufsetzenden Manganerzlagerstätten von Romanèche (Saône-et-Loire) in Frankreich baryumreichen Psilomelan und Eisenglanz neben Quarz, Schwerspat, wenig Flußspat und Spuren von Kalkspat, wobei in der oberen Region entschieden der Psilomelan, in der unteren der Eisenglanz vorwaltet. L. de Launay hält freilich eine sekundäre Entstehung dieser Erscheinung nicht für ausgeschlossen.

b) Die quantitative Erzverteilung innerhalb der Gänge.

Nur sehr selten sind auf einem Erzgange die eigentlichen Erze innerhalb der im übrigen aus verschiedenen Gangarten, wie Quarz, Kalkspat, Braunspat, Manganspat, Schwerspat, Flußspat u. a., sowie aus Fragmenten des Nebengesteins bestehenden Gangfüllung ganz gleichmäßig verteilt, wie z. B. bei dem reichen Smuggler Gang bei Telluride in Colorado, der auf eine Strecke von 1 km Länge nicht an einer einzigen Stelle unabbauwürdig war. Vielmehr macht sich fast stets ein Unterschied geltend zwischen bauwürdigen reichen Gangpartien, den sogen. Erzmitteln, Erzfällen oder Erznestern, und den erzarmen oder ganz erzleeren Teilen, die als taube Mittel oder taube Regionen bezeichnet werden. Ein Vorwalten der ersteren nennt man einen Adel des Ganges, einen Übergang aus einer tauben in eine edle Region eine Veredelung, und umgekehrt spricht man von einer Vertaubung.

Die Ermittelung der Form und der Verbreitung der Erzmittel in horizontaler und vertikaler Erstreckung, der Beziehungen zwischen dieser Verteilung und den geologischen Verhältnissen der Umgebung hat nicht nur einen großen praktischen Wert, sondern ist auch vom höchsten

---

[1]) L. de Launay. *Compte-Rendu du VIII. Congr. géol. intern.* 1900. Die von ihm zugleich beschriebenen, den Gängen benachbarten schichtigen Manganerzlagerstätten sind mit den Manganmulmlagern der Schwarzenberger Gegend zu vergleichen (vergl. I, S. 269).

[2]) J. H. L. Vogt. *Problems in the geology of ore deposits.* Trans. Am. Inst. Min. Eng. Febr. 1901, pamphl., p. 40.

wissenschaftlichen Interesse. Seit lange ist das Bestreben der Lagerstättenforscher dahin gegangen, womöglich auch allgemeine Gesetze für die Erzverteilung auf Gängen abzuleiten, die wiederum rückwirkend die Praxis befruchten könnten. Doch gehen die bisher gewonnenen Ergebnisse kaum über eine örtlich beschränkte Bedeutung hinaus. Vielfach waren alle Bemühungen vergeblich, eine Gesetzmäßigkeit zu finden. Man verließ sich resigniert auf „den launigen Zufall, den schlimmsten Feind und besten Freund des Bergmanns“, um mit Th. Scheerer[1]) zu reden.

In den folgenden Abschnitten S. 7—16 werden einige allgemeinere Ursachen bei der Entstehung reicher Erzmittel erörtert werden.

Die ungleiche Verteilung der Erzmittel in einem Gange geht am besten aus einem gut geführten flachen Risse hervor, d. h. also einem parallel zum Streichen und Fallen gelegten Schnitt, worauf neben den Schächten und horizontalen Strecken vor allem sämtliche tatsächlich abgebaute Gangpartien flächenhaft sich dargestellt finden, worauf ferner auch die Schnittlinien mit anderen Gängen und womöglich die Abweichungen in der Beschaffenheit des Nebengesteins angegeben sind. Man vergleiche in dieser Beziehung die Figuren 206 und 207.

Sehr verbreitet sind langgestreckte, diagonal in der Gangfläche verlaufende Erzmittel, sogenannte Erzfälle oder Adelsvorschübe (siehe z. B. Fig. 192, I. S. 475); ferner schmale Erzmittel, deren Längserstreckung mit der Fallinie zusammenfällt, sogenannte Erzsäulen, letztere besonders bei den Golderzgängen[2]) (siehe z. B. Fig. 195 auf I. S. 482), endlich räumlich nur sehr beschränkte nesterförmige Erzmittel.

Das Wort „Adelsvorschub“ war zunächst nur bei den Bergbauen am Heinzenberg und Kleinkogl in Gebrauch und ist erst durch J. Trinker[3]) in die Wissenschaft eingeführt worden. Bei den Kupfer- und Silbererze enthaltenden Lagerstätten am Kleinkogl in Nordtirol wies er nach, daß die einzelnen Adelsvorschübe der aufeinander folgenden Gänge nach einem gewissen Gesetze aufeinander folgen, indem sie alle in der Richtung von S. nach N. unter etwa 30° gegen den Horizont geneigt sind. Er bezeichnet ein derartiges Verhalten als einen generellen Adelsvorschub.

---

[1]) Th. Scheerer. *Die Gneusse.* Zeitschr. d. D. geol. Ges. 1862. S. 78.

[2]) E. Skewes. *The Ore-Shoots of Cripple Creek.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., XXVI, 1897, S. 553 ff.

[3]) J. Trinker. *Der Adelsvorschub am Heinzenberge und am Kleinkogl.* Mit 1 Tafel. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt. I. Bd., 1850, S. 213 ff.

Eine vielgebrauchte Bezeichnung für reiche Erzmittel namentlich beim Silberbergbau ist auch das Wort Bonanza. Bekannt sind namentlich die Bonanzas am Comstock-Gang (siehe I. S. 482).

Meist stellen die bauwürdigen Mittel nur einen kleinen Teil des gesamten Ganges dar. So schätzte Frhr. von Beust im Jahre 1859 den aushiebwürdigen Teil der Gangfläche der bauwürdigen Freiberger Gänge zu etwa 20 Prozent. Eine spätere Statistik (1871) ergab nur etwa 15 Prozent.

Etwas anderes sind die Veredelungen von Gängen, die nicht auf einer relativen, sondern auf einer absoluten Erzanreicherung infolge von einer Erweiterung der Gangspalte beruhen. Es möge hier auf das I. S. 209 Gesagte zurück verwiesen werden. In diesem Sinne würden bei Gängen, die zugleich Verwerfungsspalten sind, immer diejenigen Gangabschnitte die reichsten sein, in denen eine stark abweichende Einfallsrichtung herrscht, weil längs dieser durch eine Verschiebung der beiderseitigen Gebirgsteile möglichst große Gangräume sich gebildet haben. Es wurde dies in ähnlicher Weise schon von W. J. Henwood[1]) ausgesprochen.

Bei lagenförmiger Gangstruktur wird hierbei sehr viel darauf ankommen, ob die erzreichsten Krusten die ältesten oder die jüngsten sind. Sind sie die jüngsten, so werden sie oft überhaupt nur an solchen Stellen, wo der Gangraum stark erweitert ist, anzutreffen sein; dagegen dort ganz fehlen, wo er sich eng zusammengezogen hat.

Hierher gehört wohl auch die zuweilen, wie u. a. zu Joachimsthal, beobachtete Regel, daß die flacher fallenden Gangabschnitte erzärmer sind, als die steileren. Becke und Stěp[2]) suchen die Erklärung in der größeren Belastung der flacheren Gangabschnitte durch das Hangende, die zu stärkerer Herausbildung von Zermalmungsprodukten und mittels dieser zu früherer Verstopfung der Gangräume führen muß.

c) Über den Einfluß der Natur des Nebengesteins auf den Reichtum der Gänge.

Schon die deutschen Bergleute früherer Jahrhunderte kannten den unbestreitbaren Einfluß des Nebengesteins auf die Erzführung der Gangspalten. Sie sprachen von „einem artigen, hefflichen Gebirge“ gegen-

---

[1]) W. J. Henwood. *Metalliferous Deposits of Cornwall and Devon.* Trans. Roy. Geol. Soc. of Cornwall. V.

[2]) J. Stěp und F. Becke. *Das Vork. d. Uranpecherzes zu Joachimsthal.* Ak. d. W. Wien 1904, S. 29.

über einem „wilden und unartigen“. Die erste ausführliche wissenschaftliche Untersuchung dieser Frage verdanken wir den Freiberger Geologen H. Müller und B. von Cotta. Es wird gut sein, zunächst eine Anzahl von Beispielen kennen zu lernen, bei denen eine verschiedene Erzführung in verschiedenem Nebengestein klar ausgesprochen ist, erst später aber auf die eigentlichen Ursachen dieser Erscheinung, soweit sie bekannt sind, einzugehen.

Für das Freiberger Gebiet hatte schon 1850 H. Müller[1]) eine sehr eingehende Studie dieses Gegenstandes veröffentlicht, der wir folgendes entnehmen:

Am meisten in die Augen fallend ist bei den Freiberger Gängen der ungünstige Einfluß des Glimmerschiefers gegenüber dem günstigen des Gneises. Dies ist um so fühlbarer für den Bergbau gewesen, als gerade die reichsten und edelsten Gänge des Revieres in der Nähe solcher Glimmerschiefer-Einlagerungen innerhalb der Gneisformation aufsetzen und so das bauwürdige Feld derselben eine sehr störende Beschränkung erfährt. Die wichtigsten Erzgänge der Gruben Neue Hoffnung Gottes, Christbescherung, Alte Hoffnung Gottes und Gesegnete Bergmanns Hoffnung in der Gegend nördlich von der Stadt liefern zahlreiche Beispiele hierfür. So z. B. nimmt der große Erzfall auf dem Peter Stehenden auf Christbescherung nach N. hin sein Ende dort, wo der Gang aus dem Gneis in den Glimmerschiefer hineinsetzt; auch der sonst reiche Wilhelm Morgengang und der Friedrich Flache daselbst zeigen sich im Glimmerschiefer nur als taube Lettenklüfte.

Die Gänge von Alte Hoffnung Gottes rücken ebenfalls nach SW. hin in den Glimmerschiefer ein. Während sie im Gneis 0,2—0,8 m mächtig sind und aus Quarz, Braunspat und Manganspat nebst Schwefelkies, Blende, Bleiglanz und nicht seltenen edlen Silbererzen bestehen, drücken sie sich im Glimmerschiefer auf wenige Zentimeter Stärke zusammen, ihre Gangarten und Erze treten hier allmählich fast ganz zurück, und die Füllung besteht lediglich aus zersetzten Fragmenten des Nebengesteins, weichem Ausschram und Letten.

Dasselbe wiederholt sich auf der Grube Himmelsfürst bei Brand bei den Gängen der Edlen Bleierzformation (karbonspätigen B.). Wie der beistehende flache Riß des Jupiter Stehenden (Fig. 206) durch den Reicheltschacht nach den amtlichen Originalrissen deutlich zeigt, befinden sich die reichen Abbaue im Liegenden des Glimmerschiefers, im

---

[1]) H. Müller in *Erzlagerstätten bei Freiberg.* Cotta's Gangstudien. I. Bd. 1850, S. 209—248.

sog. Himmelsfürster Gneis, einem normalen Biotitgneis. Im Glimmerschiefer verarmen die Gänge derartig, daß gar keine Aushiebe hier verzeichnet werden konnten. Noch bei mehreren anderen Gängen des-

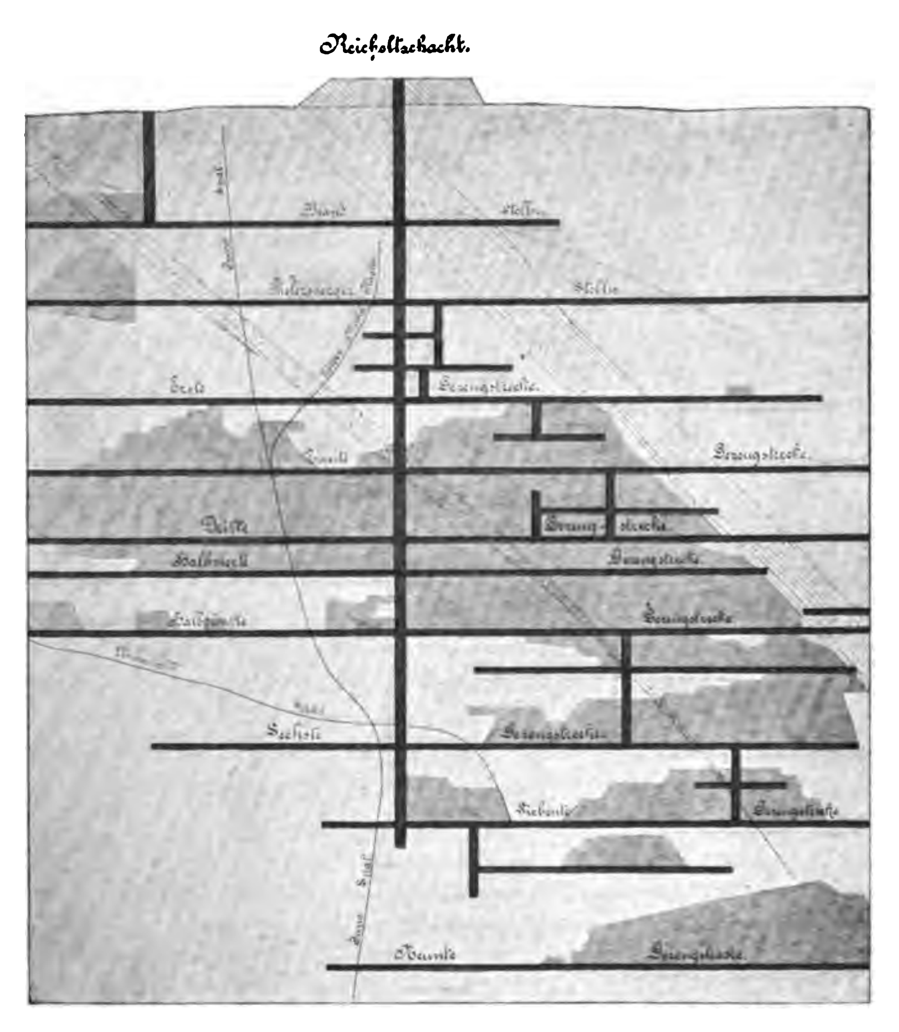


Fig. 206. *Flacher Riß des Jupiter Stehenden bei Himmelsfürst Fdgr.* Nach den Rissen der Kgl. Oberdirektion.

selben Revieres, wie beim Silberfund Stehenden, beim Wiedergefunden Glück St., beim Kalb Stehenden und beim Lade des Bundes Flachen verhält sich die Erzverteilung ganz ähnlich. Jenseits der Glimmerschiefereinlagerung haben sich bei manchen, wie beim Wiedergefunden

Glück St., reiche Erzmittel wieder eingestellt. Im Glimmerschiefer selbst jedoch hat man nur längs der Kreuzlinien mit anderen Erzgängen abbauwürdige Partien angetroffen, wie z. B. auf dem Lade des Bundes Flachen längs der Kreuzlinie mit dem Johannes St.

Beim Silberfund St. und beim Jupiter St. ist man in der 12. bis 15. Gezeugstrecke in eine zweite tiefere Glimmerschiefereinlagerung eingetreten. Die Gänge waren zwar hier noch vorhanden, aber ebenso erzleer, wie im oberen Glimmerschiefer.

Diese Verhältnisse bei der Grube Himmelsfürst lassen sich besser noch als durch die Annahme „einer Vertaubung der Erzgänge im Glimmerschiefer" zum Ausdruck bringen durch die Hypothese „einer Veredelung der Erzgänge am Glimmerschiefer und zwar an seiner liegenden Grenze". Denn die Erzführung längs der letzteren geht noch über die im normalen Biotitgneis übliche weit hinaus. Folgende Ziffern beweisen den großen Reichtum dieser Zone: beim Silberfund St. ergaben von 1857 bis 1879 die Erze von 47366 qm Gangfläche im Gewicht von 79405 dz einen Erlös von 4426784 Mark, beim Kalb St. von 34017 qm Gangfläche im Gewicht von 61941 dz 2199874 Mark, wonach das Quadratmeter durchschnittlich beim ersteren 93 Mark, beim zweiten 65 Mark erzielte.

Bei der Erklärung dieser „Kontaktveredelung" (H. Müller) dürfte auch an eine Stauung der aufsteigenden Lösungen durch den Glimmerschiefer zu denken sein, da das Aufreißen der Spalten in diesem Gestein nur sehr unvollkommen erfolgte.

Eine ganz analoge Erscheinung kann man an den flachen Rissen mehrerer Gänge des Segen Gottes Erbstolln zu Gersdorf bei Roßwein (siehe I. S. 380) demonstrieren, besonders bei den der Edlen Quarzformation angehörigen Josef Morgengang, Wolfgang M. und Krebs Spat, sowie bei dem Friedrich Flachen der barytischen Bleierzformation. Auf allen bemerkt man innerhalb der Region, wo der Gabbro und der Granulit das Nebengestein bilden, ausgedehnte Erzmittel. Sie erreichen ihre größte Mächtigkeit und ihren höchsten Adel unmittelbar am Kontakt mit dem tonschieferähnlichen Phyllit, der mittels einer Verwerfungskluft an den Gabbro und Granulit angrenzt, schneiden aber für immer ab, sobald sie in den Phyllit des Hangenden eingetreten sind.

Dasselbe wiederholt sich auf der ehemaligen Grube Erzengel Michael zu Mohorn[1]).

Es mögen auch aus anderen Gegenden einige Beispiele von einer Beeinflussung der Gänge durch das Nebengestein folgen, die nach den älteren Zusammenstellungen bei B. von Cotta[2]) noch wesentlich vermehrt werden könnten.

---

[1]) H. Müller. *Die Erzgänge des Freiberger Bergrevieres.* 1901, S. 296, Taf. III, Fig. 8.

[2]) B. von Cotta. *Erzlagerstätten.* I. 2. Aufl. 1859, S. 133ff.

Bei **Schweina** und bei **Kamsdorf** im Thüringer Walde (siehe I. S. 506), sowie bei **Riechelsdorf** in Hessen werden das ältere Schiefergebirge und die Dyas von vorherrschend aus Schwerspat bestehenden Gängen durchsetzt. Wo diese den bitumenreichen Kupferschiefer zum Nebengestein hatten, enthielten sie abbauwürdige Mittel von Kobalt-, Nickel- und Kupfererzen, im mittleren und oberen Zechstein des Hangenden dagegen und im Schiefergebirge des Liegenden waren sie taub.

Bei **Přibram** sind die Erzgänge nur im kambrischen quarzitischen Sandstein, nicht aber in dem nach NW. zu anstoßenden Tonschiefer ergiebig (vergl. die Profile I. S. 368 und 369). Es sind allerdings hier wohl mehr tektonische Einflüsse wirksam gewesen. Die Erzführung zeigt sich nämlich besonders gut in dem stark aufgebogenen Teile des NW.-Flügels der Schichten über der Muldenmitte entwickelt, weil hier die Spannung am größten war, daher die mächtigsten Spalten entstehen mußten (A. Hofmann vergl. I. S. 367).

In **Cumberland** durchsetzen nach Dufrenoy[1]) u. a. Bleierzgänge den Kohlenkalkstein, welcher mit Sandstein und Schieferton wechselt. Während sie nun im Kalkstein mächtig und bauwürdig sind, zerschlagen sie sich im Sandstein und Schiefer in nicht bauwürdige Trümer. Ähnliches findet in **Derbyshire** statt, wo die Gänge verarmen und sich zertrümern, sobald sie in die Toadstone genannte Einlagerung von Diabasmandelstein eintreten. Ganz ähnlich sind nach J. M. Boutwell[2]) des die Silber-Bleierzgänge im Bingham-Distrikt des Staates Utah innerhalb Kalksteins und kalkigen Schiefers viel weiter als im Quarzit und Monzonit.

Die Beeinflussung der **Kongsberger** Silbererzgänge durch die Fahlbandzonen im dortigen kristallinen Schiefergebirge ist schon I. S. 399 ausführlich erwähnt worden.

Die Kupfererzgänge von Butte, Montana, sind nach W. H. Weed[3]) erzführend im basischen Granit, taub im Aplit.

Ein interessantes Beispiel der Veredelung goldführender Gänge durch ein bestimmtes Nebengestein wird aus dem **Ballarat-Goldfeld** in der australischen Kolonie Victoria berichtet[4]). Wo immer dort die

---

[1]) Dufrenoy, E. de Beaumont, Coste et Perdonnet. *Voyage métallurgique en Angleterre.* Paris 1837 u. 1839.

[2]) Econ. Geol. of Bingham Mining District, Utah. U. St. Geol. Surv. Prof. Pap. 38, 1905, p. 160.

[3]) W. H. Weed. *Influence of Country-Rock on Mineral Veins.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., Nov. 1901.

[4]) T. A. Rickard. *The Indicator Vein, Ballarat, Australia.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., Vol. XXX. 1901, p. 1004 nebst Literatur. — J. W. Gregory. *The Indicators of Ballarat.* The Mining Journal London Jan. 20. 1906.

schwebenden Quarzgänge gewisse an Eisenkies reiche bituminöse Schieferlagen innerhalb der steil aufgerichteten Silurformation durchkreuzen, sind sie in einer Breite von einigen Zentimetern außerordentlich reich an Gold, selbst wenn sie in den übrigen Teilen unbauwürdig sind. Diese „Indicators" genannten Gesteinszonen selbst führen kein Gold. J. W. Gregory zeigte, daß in manchen Fällen, wo sie mit Gleitflächen zusammenfallen, Chlorit und Rutil die Hauptbeteiligung an ihrer Zusammensetzung haben.

Es soll nicht verschwiegen werden, daß es Gebiete gibt, in denen solche Beziehungen zwischen dem Charakter des Nebengesteins und der Erzverteilung in den Gängen ganz und gar nicht zum Ausdruck gelangen. Einen solchen Ausnahmefall hat z. B. A. O. Wittelsbach[1]) geschildert: Im Gangrevier von Sta. Elene und La Carolina am Südabhang der Sierra Morena in Spanien unweit des an Bleierzgängen reichen Gebietes von Linares werden paläozoische Schiefer von Granit durchbrochen. Die Gänge sind silberreiche Bleierzgänge mit Quarz und Schwerspat als Hauptgangarten. Einige dieser Gänge, wie der Esperanza-Gang und San Gabriel sind nur im Granit erzführend und werden im Schiefer taub, andere, wie der El Castillo gerade umgekehrt im Schiefer erzreich und im Granit taub: und doch ist El Castillo nur 1 km von La Esperanza entfernt.

Nur einen besonderen Unterfall der Beeinflussung der Gänge durch das Nebengestein stellen die Einflüsse älterer Gänge an Gangkreuzen dar.

d) Der Einfluß der Gangkreuze auf die Erzführung.

Im Freiberger Gebiet ist der veredelnde Einfluß der Gangkreuze schon seit den ältesten Zeiten des Bergbaues bekannt.

Nach H. Müller[2]) kommen die Veredelungen sowohl auf Kreuzen zweier Gänge ein und derselben, als auch zwischen solchen verschiedener Formation vor. Sie beruhen auf einer Zunahme der Mächtigkeit oder auch daneben auf einer Anreicherung der Ausfüllungsmassen mit Erzen. Vorzüglich lieben es die edlen Silbererze, dunkles und lichtes Rotgiltigerz, Weißgiltig, Glaserz, Eugen- und Melanglanz, sowie gediegen Silber, sich hier anzusiedeln.

Die Veredelung ist um so größer, je kleiner der Winkel ist, unter dem die Gänge zusammentreffen, da dann zugleich die Berührungsflächen der beiden Gänge um so größer sind. Daher sind Schleppungskreuze, bei denen der Kreuzungswinkel beinahe gleich Null ist, die allerreichsten.

Besonders berühmt sind auf der Grube Himmelfahrt bei Freiberg die Gangkreuze zwischen dem Neu-Hoffnung Flachen (barytische Blei-

[1]) A. O. Wittelsbach. *Fragen und Anregungen usw.* Z. f. pr. G., 1897, S. 5.
[2]) a. a. O. S. 269ff.

erzformation) und dem Erzengel und dem Christian Stehenden (kiesig-blendige Bleierzformation) (Fig. 207). Auf der ehemaligen Grube Morgenstern dortselbst waren reich die Kreuze zwischen dem Silberpräsent Sp., Gutmorgen Sp. und Stolln Sp. mit dem Morgenstern Morgengang, sowie

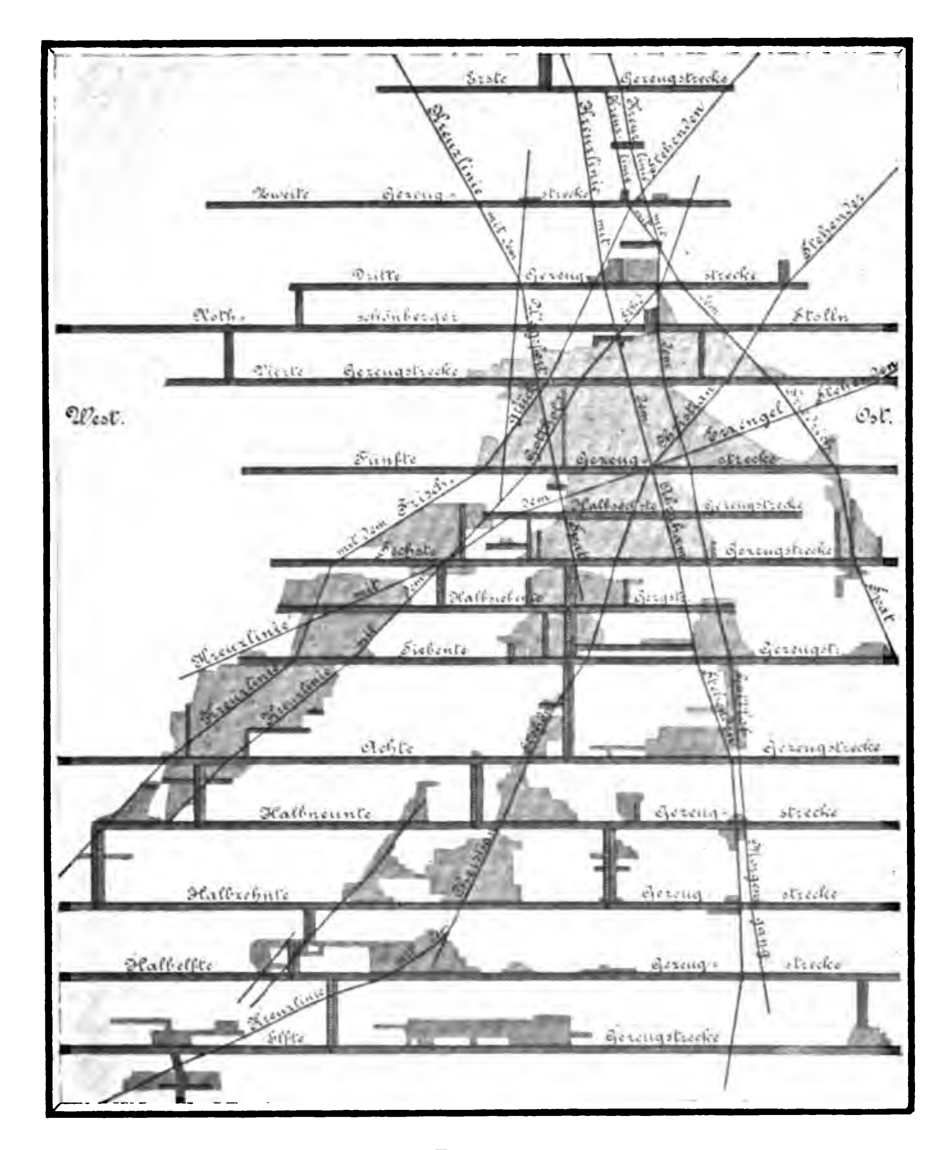


Fig. 207.
Flacher Riß des Neu-Hoffnung Flachen bei Himmelfahrt an seinem Kreuz mit mehreren anderen Gängen. Nach den Rissen der Kgl. Oberdirektion.

die zwischen dem Abraham Sp. (baryt. Bl.) und dem Ephraim Stehenden (kies.-bl. Bl.). Bemerkenswert ist, daß auf solchen Kreuzen gern auch Nickel- und Kobalterze mit einbrechen, wie Speiskobalt, Weiß- und Rotnickelkies, zuweilen auch gediegen Arsen.

Auf diesen Kreuzen wurden nach H. Müller bisweilen auf 1 qm Gangfläche bis in die Tausende von Mark Silberwert erzielt. Die erwähnten Kreuze des Neu-Hoffnung Fl. ergaben mehrere Millionen von Mark. Gediegene Silbermassen bis mehrere Hundert Kilogramm im Gewicht wurden hier angetroffen. Übrigens ist hervorzuheben, daß diese Veredelungen noch bis in große Teufen hinunter anhalten: so wurden noch über der 12. Gezeugstrecke, in etwa 650 m Tiefe im Jahre 1905/06 reiche Anbrüche auf dem Kreuz zwischen Neu-Hoffnung Fl. und Christian St. gemacht. Sie enthielten Glaserz und Rotgiltig nebst Melanglanz.

Ein vielgenanntes Beispiel reicher Schleppungskreuze bietet dieselbe Grube in Gestalt des Kreuzes zwischen dem Selig Trost St. und dem Schwarzen Hirsch St., einem flach nach W. fallenden Gangpaare. Diese beiden Gänge lieferten in oberen Teufen nur geringe Erzmengen, von ihrer Vereinigung in der $^1/_2$6. Gezeugstrecke ab gaben sie jedoch sehr reiche Ausbeute. Die Schleppung erstreckte sich auf 700—1000 m streichende Länge und auf etwa 85 m im Fallen und gab von 1852 bis 1895 insgesamt einen Ertrag von rund 15 Millionen Mark. Der Träger dieses Reichtums war ein sehr silberreicher Bleiglanz (H. Müller, S. 308).

Auf der Grube Himmelsfürst erlangte Berühmtheit der große Silberfund vom Jahre 1858, gegen 5000 kg, auf dem Kreuze zwischen dem Kalb St. und dem August Fl. In drei Jahren wurden aus den Anbrüchen auf diesem Kreuze 1 Million Mark gelöst.

Auch auf der Grube Gesegnete Bergmanns Hoffnung bei Obergruna, unweit Freiberg, kannte man sehr reiche Kreuze zwischen dem Holländer Sp. (baryt. Bl.) und dem Traugott Sp. und dem Christoph Morgeng. (Edle Quarzf.), die noch in den Jahren 1886—1890 für 350000 M. Silbererz lieferten.

Nur in seltenen Fällen ist nach H. Müller im Gegenteil ein verunedelnder Einfluß von Gangkreuzen beobachtet worden. So z. B. schleppt sich der Abraham Morgeng. in der Friedrich Stollnsohle bei ungefähr 240 m vom Kunstschacht in SW. auf mehr denn 32 m Länge mit einem Spatgange und besteht doch auf dieser Erstreckung nur aus Lettenklüften.

Ähnliche Erscheinungen sind aus vielen anderen Ganggebieten bekannt geworden.

e) Der Einfluß des Anscharens oder Abgehens von Trümern auf die Erzführung.

In abgeschwächtem Maße gilt das für die Gangkreuze Gesagte auch für die Anscharungspunkte von Gangtrümern, wie das von H. Müller[1]) an zahlreichen Beispielen gezeigt worden ist. An den Vereinigungspunkten zweier oder mehrerer Haupttrümer zeigen viele Freiberger Gänge nicht nur in quantitativer, sondern auch in qualitativer Hinsicht eine deutliche Veredelung, während umgekehrt abgehende Trümer nach und nach häufig ärmer und ärmer werden und endlich ganz vertauben. Solches ließ sich früher z. B. beobachten an den zahlreichen Trümern der Grube Neue Hoffnung Gottes bei Bräunsdorf, am Numa Morgengang auf der Grube Romanus bei Siebenlehn, am Abraham Morgengang auf der Radegrube, an mehreren Gängen der Grube Alte Hoffnung Gottes bei Klein-Voigtsberg u. a.

Diese Erscheinung trifft auch für viele andere Ganggebiete zu, wie denn z. B. F. Klockmann[2]) sagt: „Die Regel, daß an den Scharungspunkten der Gänge die reichsten Erzmittel angehäuft sind, bewährt sich auch durchweg für das Oberharzer Ganggebiet."

Als Beispiele seien nach Zirkler[3]) angeführt das reiche Erzmittel im Scharungspunkte des Kranicher Ganges mit dem Burgstädter Hauptgang auf der Grube Herzog Wilhelm bei Clausthal und das weiter östlich gelegene Dorotheer Mittel, das mit der Zuscharung des Rosenbüscher Ganges, einer sog. Faulen Ruschel, in Zusammenhang steht.

Die eigentliche Ursache der Veredelung von Gängen an Kreuzen und dort, wo Trümer sich anscharen oder abgehen, mögen zum Teil die Vermischung zweier chemisch verschiedener Lösungen und die daraus entstehenden Reaktionen sein. Solche können auch dann eintreten, wenn der eine Gang von Haus aus gar keinen metallischen Inhalt enthielt, wie tatsächlich reiche Kreuze mit tauben Klüften von gewissen Gängen bekannt sind. Liegt dagegen der Fall vor, daß in der einen Spalte schon eine feste mineralische Ausfüllung vorlag, so fallen die Ursachen mit ins Gebiet des zweitnächsten Abschnittes, da der schon bestehende Gang hier nur als Nebengestein figuriert.

Bei gleichzeitig gebildeten Gängen vermögen die Scharkreuze schon deshalb sich günstiger zu entwickeln, weil an denselben die für den Absatz von Erzen verfügbaren Spaltenräume weiter klaffen konnten und so länger zirkulierenden Lösungen zugänglich bleiben mußten, als anderwärts.

---

[1]) H. Müller. *Erzgänge des Freiberger Bergrevieres.* 1901, S. 297—304.

[2]) F. Klockmann im *Berg- und Hüttenwesen des Oberharzes.* 1895, S. 48.

[3]) Zirkler. *Über die Gangverhältnisse der Grube Bergmannstrost bei Clausthal.* Glückauf, Essen 1897, S. 93.

f) Der Einfluß der Faltung eines geschichteten Nebengesteins auf die Erzführung von Gängen.

Dort, wo Erzgänge ein gefaltetes Schichtensystem durchschneiden, hat mitunter dessen Tektonik sichtlich auf die Erzführung eingewirkt. So enthalten nach J. A. Church[1]) die Erzgänge von Tombstone in Arizona dort, wo sie die Antiklinalen eines karbonischen Komplexes von Kalken, Quarziten und Schiefern durchqueren, die größten Erzmittel. Auch innerhalb des geschichteten Gebirges selbst finden sich längs der Antiklinalen Erzkonzentrationen in der Form epigenetischer liegender Stöcke, die in der Hauptsache aus goldhaltigen Silber-Bleierzen bestehen. Während aber hier die Vererzung sich nur auf gewisse Bänke des Kalksteins und Quarzites beschränkt hat, führen jene Spalten auch dort Erz, wo der Schiefer der Antiklinalen ihr Nebengestein bildet.

g) Über die eigentlichen Ursachen des Einflusses des Nebengesteines auf die Erzverteilung.

Geht auch aus dem Gesagten hervor, daß ganz bestimmt Einflüsse des Nebengesteins auf die Erzverteilung bestehen, so ist es im einzelnen Fall und im allgemeinen doch äußerst schwer, über die eigentliche Ursache dieses Einflusses etwas zu ermitteln. Man wird eingestehen müssen, daß die Wissenschaft in dieser Beziehung, seit B. von Cotta[2]) seine „Materialien zu einer Theorie" niederschrieb, kaum einen Schritt weiter gekommen ist, wenn wir von der später im Zusammenhang zu behandelnden Frage der Lateralsekretion hier absehen.

Zum Teil reicht wohl der Einfluß der Ursachen rein mechanischer Art, die wir früher bereits für die Spaltenbildung geltend machten (I. S. 177), über die eigentliche Hohlraumschaffung hinaus und erstreckt sich auch auf die Erzführung, wenigstens auf die absolute Erzführung. In der Hauptsache freilich dürfte die Lösung dieser Fragen auf rein chemischem Gebiete liegen. Die Fälle, in denen durch Auslaugung des unmittelbaren Nebengesteins die Erze der Gangfüllung geliefert werden, wobei dann natürlich ein unmittelbarer genetischer Zusammenhang zwischen beiden besteht, sollen später noch besonders geschildert werden. Aber selbst, wenn wir die wohl für die meisten Erzgänge

[1]) J. A. Church. *The Tombstone, Arizona, Mining District.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., May 1902.

[2]) B. von Cotta. *Lehre von den Erzlagerstätten.* I. 2. Aufl. S. 148ff.

gültige Voraussetzung machen, daß die metallischen und nicht metallischen Verbindungen den Gangspalten durch aufsteigende Wässer aus größerer Entfernung her zugeführt worden sind, müssen die chemischen Reaktionen zwischen den Lösungen und den Bestandteilen des jeweiligen Nebengesteines von Einfluß auf die Verteilung der Gangmineralien sein.

Ganz überzeugend gilt das von den, wie wir sahen, günstigen Einflüssen sehr bitumen- oder kohlereicher Nebengesteinszonen auf die Erzführung der durchsetzenden Spalten, die wohl sicher auf der reduzierenden Eigenschaft dieser Substanzen gegenüber von in Lösung befindlichen Sulfaten beruhen.

Schwieriger wird das Problem in Hinsicht auf andere Gesteinstypen. Die Zersetzung von Silikaten im Nebengestein durch die in den Gangspalten zirkulierenden Lösungen und den gegenseitigen Austausch der Bestandteile hat zuerst G. Bischof[1]) eingehend dargelegt. Die Freiberger Geologen suchten namentlich die eigentliche Ursache von dem augenscheinlich günstigen Einfluß des „normalen Freiberger Gneises", eines körnig-flaserigen, ziemlich glimmerreichen Biotitgneises, zu ergründen. Eine eingehende, auf chemischen Spezialuntersuchungen begründete Theorie verdankte man Th. Scheerer[2]). Er knüpfte an die von H. Müller nachgewiesene Tatsache an, daß der Biotitgneis viel günstiger auf die Erzführung der Gänge wirkt, als der Muskovitgneis, und glaubte in dem Biotit die eigentliche Ursache des günstigen Einflusses zu sehen. Der schwarze Glimmer sei wegen seines bedeutenden Mehrgehaltes an schwächeren Basen, besonders Eisenoxydul und Magnesia, eine weit weniger, als der helle Glimmer, der Einwirkung von Säuren widerstehende Substanz. Den Vorgang der Gangausfüllung denkt sich unter dieser Voraussetzung Th. Scheerer in folgender Weise:

An Kohlensäure reiches und zugleich Schwefelwasserstoff, bezw. Schwefelalkalien enthaltendes Wasser extrahiere unter hoher Temperatur aus tiefer liegenden Gesteinszonen neben SiO_2, CaO, BaO auch Metalle, Metallsulfide, Arsen- und Antimonverbindungen und trage seine chemische Last in die oberen Spaltenräume hinauf. Die Abscheidung dieser Substanzen werde hier, abgesehen vom Nachlassen von Druck und Temperatur, dadurch eingeleitet, daß der Glimmer des Biotitgneises der Gangwandungen von der überschüssigen CO_2 zersetzt werde. Er liefere $FeCO_3$ und $MgCO_3$ und bewirke so indirekt den Absatz der ihres Lösungsmittels, der CO_2, beraubten Karbonate in der Gestalt der auf Gängen gewöhnlichen Karbonspäte. Auf das gebildete kohlensaure Eisenoxydul indessen reagiere der H_2S, bezw. die Schwefelalkaliverbindungen, und es werde Schwefelkies ausgefällt. In dem Maße aber, als die Zersetzung des Glimmers fortschreite, würden endlich auch die anderen genannten

[1]) G. Bischof. v. Leonhards Jahrb. f. Min. usw. 1844, S. 257 u. 341.

[2]) Th. Scheerer. *Die Gneuse des Sächs. Erzgebirges und verwandte Gesteine nach ihrer chemischen Konstitution und geol. Bedeut.* Z. d. D. G. G., 1862, S. 23 ff.

Metallverbindungen der Lösung ausgefällt. Die Anordnung des dunklen Glimmers in Flasern, die einen kettenförmigen Zusammenhang aller Glimmerblättchen bedinge, sei dem seitlichen Fortschreiten des Zersetzungsprozesses sehr günstig. Die mitten im zersetzten Gneis zu beiden Seiten der Gänge anzutreffenden Partikel von Schwefelmetallen sprächen ebenfalls für den präzipitierenden Einfluß des dunklen Glimmers. Wie G. Berg[1]) fand, sind tatsächlich diese eingewanderten Erze eng an die Schuppen und Flasern des zersetzten Biotites gebunden. Diese kleinen Erzaggregate machen alle Formveränderungen der Glimmerhäufchen, ihre Stauchung und Ausfaserung getreulich mit. Nur selten sind Erzschnürchen auch innerhalb der Quarze und Feldspäte zu finden.

Diese Theorie krankt daran, daß sie für mineralogisch ganz ähnlich zusammengesetzte Gänge anderer Ganggebiete, in denen ein brauner Glimmer oder ein chemisch analoges Mineral im Nebengestein ermangeln, nicht anwendbar ist. Wir gingen trotzdem auf Scheerers Ausführungen ein, weil diese Form der später zu besprechenden Thermaltheorie ganz ähnlich auch neuerdings wieder aufgetaucht ist.

Schon G. F. Becker[2]) sprach den Gedanken aus, es möchte wohl das Nebengestein der Gänge wie ein Dialysator wirken, der gewissen Bestandteilen der Lösungen den Durchtritt gestatte, andere in den eigentlichen Gangräumen zurückhalte. Neuerdings hat E. C. Sullivan[3]) hierauf bezügliche Versuche angestellt. Er ließ Ferrisulfatlösungen durch ein Pasteur-Chamberland-Filter (ein poröses Silikatfilter) gehen und stellte fest, daß hierbei im Filter zunächst Eisenoxyd im kolloidalen Zustand zurückblieb. Dieses Kolloid kann dann für weiter nachfolgende Lösungen ebenfalls als Dialysator wirken. Das Eisenoxyd häuft sich im Filter an, die Säure dagegen setzt die Wanderung fort und vermag aus dem Filter, in der Natur aus dem Nebengestein, Basen auszuziehen. Wie übrigens schon R. Gans[4]) nachgewiesen hat, eignen sich für eine solche Zerlegung von gelösten Substanzen besonders Gesteine, die reich an Zeolithen sind, da den letzteren, wie auch künstlichen Aluminatsilikaten, eine hohe Austauschfähigkeit innewohnt. Die analoge Adsorption durch Tone, auf die E. Kohler aufmerksam machte, soll weiter unten behandelt werden.

Den Einfluß der Gangkreuze hat man häufig durch den Hinweis auf elektrolytische Vorgänge zu erklären versucht, und in ganz analoger Weise auch den Einfluß der Fahlbänder in Kongsberg.

---

[1]) Pers. Mitt. Dez. 1900.

[2]) *Mineral Resources U. S. for 1892.* U. S. Geol. Surv. 1893, p. 156.

[3]) E. C. Sullivan. *Experiments on the separation of the constituents of a solution by filtration through a mineral filter.* Econ. Geol. III, 8, 1908, p. 750—757.

[4]) Chemiker-Zeitung 1907, Nr. 28, und Jahrb. Kgl. Preuß. Geol. Landesanst. für 1905, Bd. XXVI, S. 1. Vergl. auch P. Siedler. *Über künstliche Zeolithe.* Zeitschr. f. angew. Chemie. XXII, 1909, Heft 22, S. 1019—1024.

W. Skey[1]) hat gezeigt, daß z. B. ein Element, bestehend aus einem Stück Bleiglanz und einem Stück Schwefelkies, in Meerwasser aus einer Kupfervitriollösung das Kupfer ausfällen kann, und Chr. A. Münster[1]) bewies, daß kiesreiche Stufen von Fahlbandgestein aus einer Lösung von Ag_2CO_3 das Silber ausfallen machen. Auf ähnliche Weise wären wenigstens manche gediegen Silberfunde auf Gangkreuzen erklärbar.

Daß auf Erzgängen überhaupt unter Umständen elektrische Strömungen bestehen, war bereits vor Jahren durch die Arbeiten von R. W. Fox, W. J. Henwood, A. von Strombeck und F. Reich[2]) nachgewiesen worden und ist später von Barus[3]) und von Th. Erhard[4]) von neuem bestätigt worden. Reich in Freiberg war zu folgenden Resultaten gekommen:

1. Zwei Erzpunkte in der Grube, die voneinander durch taubes Gestein getrennt sind, oder zwischen denen ein Gang übersetzt, oder sich ein Abbau befindet, geben einen elektrischen Strom in einem sie verbindenden Metalldrahte.

2. Zwei Erzpunkte, die miteinander ununterbrochen metallisch verbunden sind, geben in einem sie verbindenden Drahte keinen Strom.

3. Zwei erzfreie Gesteinspunkte geben im allgemeinen einen Strom, wenn Erz in der Nähe ist.

4. Die elektromotorischen Kräfte, welche die Ströme erzeugen, sind stets viel kleiner als 1 Daniell (etwas weniger als 1 Volt).

Th. Erhard hat sehr bequeme Methoden für derartige Untersuchungen angegeben, die übrigens nach seinen Angaben praktischen Wert zum Auffinden neuer Erzmittel für sich allein nicht beanspruchen dürfen.

Der Einfluß älterer Gangfüllungen bei Gangkreuzen und bei Wiederaufreißungen von Gangspalten und neuer Durchströmung durch thermale Wässer aus der Tiefe ist erklärlich aus den Reaktionen der schon vorhandenen Sulfide auf die gelösten Metallverbindungen späterer Ankunft. Gestützt auf Experimente von H. N. Stokes hat W. H. Weed[5]) namentlich auf das kräftige Reagens hingewiesen, das Pyrit und Markasit darstellen. Sie fällen aus alkalischen thermalen Lösungen Metallsulfide aus, indem zunächst Polysulfide der Alkalien erzeugt werden.

Gewisse Anreicherungen, die durch von oben kommende Strömungen keine Erklärung finden, werden so verständlich, wie die reichen Enargitmittel in größerer Tiefe der Kupfererzgänge von Butte in Mon-

---

[1]) Zitiert bei P. Krusch. *Kongsberger Erzrevier.* Z. f. pr. G., 1896, S. 101.

[2]) Fr. Reich. *Leitfaden zu den Vorlesungen über Physik.* II. Teil. 1853, p. 62.

[3]) Barus. *On the Electrical Activity of Ore-Bodies,* in G. F. Beckers *Comstock Lode.* II. Ann. Rep. of the U. S. geol. Surv., 1882, p. 320—324.

[4]) Th. Erhard. *Über die elektrischen Ströme auf Erzgängen.* Jahrb. f. d. Berg- u. Hüttenw. im K. Sachsen, 1885. 1—15. Nebst vollst. Literat.

[5]) W. H. Weed. *Ore-Deposition and Vein Enrichment by Ascending Hot Waters.* Trans. Am. Inst. Min. Eng. Oct. 1902.

tana, die entschieden älter sind, als die später unter den Hutbildungen zu erklärenden Mittel von Kupferglanz daselbst. Verkittet doch Kupferglanz zuweilen eine Enargitbrekzie.

Daß der Einfluß des Nebengesteins auf die Erzführung der Gänge sich daneben auch noch aus anderen Faktoren zusammensetzen kann, wie verschiedene Wärmeleitung, verschiedene Porosität, Glätte oder Rauhigkeit der Gesteinsoberfläche u. a., hat schon B. von Cotta[1]) angedeutet. Direkte Nachweise für die einzelnen Fälle stehen aber noch aus.

h) Der Einfluß der in den Gangspalten zirkulierenden Lösungen auf das Nebengestein und dessen Umwandlung.

Viel handgreiflicher, als der Einfluß des Nebengesteins auf die Herausbildung der Gangfüllung, ist im umgekehrten Sinne der Einfluß der in den Gangspalten zirkulierenden Lösungen auf die dem Gange unmittelbar benachbarten Gesteinspartien nachweisbar. Es zeigt sogar das Nebengestein unmittelbar an den Gangspalten ziemlich selten den ganz ursprünglichen Habitus, fast immer erweist es sich irgendwie chemisch und mineralogisch verändert. Da wir uns an anderer Stelle unter den verschiedenen Gangtheorien, wenigstens für die überwiegende Mehrzahl der Gangvorkommnisse, für die Thermaltheorie entscheiden werden, können wir vorgreifend schon jetzt diese Veränderungen in der Hauptsache als von aufsteigenden Thermalwässern herrührend auffassen und demnach von einem Thermalmetamorphismus[2]) des Nebengesteines sprechen, wobei wir die auf postthermalen Einflüssen beruhenden Umwandlungen in den obersten Teufen möglichst ausschließen.

In den meisten Fällen sind die mancherlei chemischen Veränderungen des Nebengesteins vorbereitet worden durch eine starke mechanische Beeinflussung, durch Zerklüftung, Verdrückung und Zermalmung während der Spaltenbildung.

Die äußeren Kennzeichen der Umwandlungen bestehen gewöhnlich in einer mehr oder minder ausgeprägten Bleichung oder Entfärbung und einem Verlust an Festigkeit. Es ist dies der Gesteinszustand, den der Bergmann als „faul“ bezeichnet. Stammt doch sehr wahrscheinlich sogar das Wort Gneis (Gneuß) von dieser Eigenschaft her, die dem Bergmann allenthalben an den erzgebirgischen Gängen zuerst

[1]) B. v. Cotta a. a. O. S. 149—151.

[2]) In diesem Sinne wohl zuerst von H. Rosenbusch gebraucht. Studien im Gneisgebirge des Schwarzwaldes. Heidelberg 1899, S. 16.

auffallen mußte, als in dem noch halbslavischen Gebiete die ersten Schürfversuche gemacht wurden. Im Wendischen bedeutet gnisch „faulen" und gnoj „Mist", welche Worte nach E. Kalkowsky[1]) von gleicher Wurzel wie Gneuß sind. Es ist wohl seit langer Zeit vermutet worden, daß die erwähnte Bleichung an den Gangspalten, wie sie besonders auffällig bei an sich dunkleren oder grell gefärbten Nebengesteinen ist, wie am Hornblendeschiefer zu Kongsberg, am Quarzporphyr bei Freiberg, mit einer Wegführung von färbenden Eisenverbindungen und anderen chemischen Vorgängen zusammenhängt. Eine gründliche Untersuchung jedoch wurde erst durch Th. Scheerer[2]) in Freiberg ausgeführt. Aus dem Vergleich genauer Analysen von frischem Biotitgneis und von dem zersetzten Nebengestein der Gänge schloß er, daß aus ersterem während dieser Umwandlung zunächst eine bedeutende Menge von Kieselsäure neben Titansäure weggeführt worden sind, ferner von den außer der Tonerde im normalen Gneise enthaltenen 18,8 % fixen Basen 15,2 %. Unter anderem waren dem Gestein 96,5 % der gesamten Menge des oxydierten Eisens entzogen worden. Der Wassergehalt war von 1,0 bis 2,5 % gestiegen. Auch ist aus den Scheererschen Analysen eine ja schon mit Augen wahrnehmbare Einwanderung von Schwefelmetallen im zersetzten Gneis ersichtlich.

Weitere Untersuchungen ähnlicher Art erfolgten bald darauf durch R. Pearce[3]), später durch A. von Groddeck[4]) und in neuerer Zeit durch A. W. Stelzner, W. Lindgren[5]) u. a. Der letztgenannte Autor hat in seiner sehr ausführlichen Arbeit besonderes Gewicht auf die metasomatischen Vorgänge gelegt, die sich ohne Zweifel vielfach hierbei abspielen. Sehr wertvoll sind endlich die kürzlich abgeschlossenen Untersuchungen von E. Steidtmann[6]) über die Thermalmetamorphose.

---

[1]) E. Kalkowsky. *Die Gneisformation des Eulengebirges.* 1878, S. 14.

[2]) Th. Scheerer. *Die Gneuse des sächs. Erzgeb. usw.* Z. d. D. G. G., 1862, XIV. Bd., S. 89 ff.

[3]) R. Pearce. *The Influence of Lodes on rocks.* Rep. Miners Assoc. Cornwall, Truro 1864, p. 18.

[4]) A. v. Groddeck. *Zur Kenntnis einiger Serizitgesteine, welche neben und in Erzlagerstätten auftreten.* N. Jahrb. f. Min., 1882, II. Beil.-Bd., S. 72—138. — Derselbe. *Studien über Tonschiefer, Gangtonschiefer und Serizitschiefer.* Jahrb. d. Kgl. preuß. geol. Landesanst., 1885, 1—52.

[5]) W. Lindgren. *Metasomatic Processes in Fissure-Veins.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., Febr. 1900.

[6]) E. Steidtmann. *A graphic comparison of the alteration of rocks by weathering with their alteration by hot solutions.* Econ. Geol. Vol. III, 5, 1908, p. 381—409.

Wir versuchen, die ziemlich verwickelten und untereinander vielfach zusammenhängenden Erscheinungen in Kategorien zu teilen, und beginnen mit der häufigsten, der Serizitisierung.

1. Serizitisierung.

A. von Groddeck wies, gestützt auf eine sehr große Zahl guter Bauschanalysen, nach, daß Tonschiefer, Grauwackenschiefer und ähnliche Gesteine in unmittelbarer Nachbarschaft von Erzgängen und Lagergängen vielfach in Serizitgesteine umgewandelt werden, wobei die ursprünglichen chloritischen Gemengteile ausgelaugt und Karbonate und Quarz neu ausgeschieden werden. Seine Arbeiten bewegten sich namentlich im Gebiete der Erzgänge von Holzappel, Wellmich und Werlau, wo das veränderte Nebengestein als „Weißes Gebirge“ die Aufmerksamkeit erregt hatte. Auch studierte er die sogenannten Lagerschiefer von Mitterberg, die Weißen Schiefer am Kiesstock von Agordo und die Gangtonschiefer des Oberharzes.

Bei den Gangtonschiefern, die im übrigen gänzlich zermalmte und ausgewalzte Kulmtonschiefer darstellen, ist eine chemische Einwirkung von den Gangspalten her nach A. von Groddeck nicht zu verkennen. Bei den schwarzen Abänderungen äußert sich diese chemische Einwirkung in einer fortschreitenden Auslaugung des ursprünglichen Gehaltes an Eisenoxydul und Magnesia, welcher Vorgang bei den bunten Varietäten sein Endziel erreicht hat. Nach zahlreichen sorgfältigen Analysen fand er, daß im Durchschnitt enthalten die

	Kulmtonschiefer	Gangtonschiefer	
		schwarze	bunte
FeO	4,87 %	1,06 %	0 %
MgO	1,80 %	1,11 %	0 %

Die Berechnung der Analysen, wie auch die mikroskopische Untersuchung ergaben, daß die normalen kulmischen und devonischen Tonschiefer des Oberharzes aus Quarz, einem serizitischen Glimmer und einem chloritischen Mineral bestehen, wozu noch Rutil, kohlige Substanzen und Karbonate treten können. Bei den schwarzen Gangtonschiefern hat sich bei nahezu unverändertem Quarzgehalt der im Tonschiefer rund 39 % betragende Serizitgehalt auf rund 47 % erhöht, und in den bunten Abarten ist bei einem Ansteigen des Quarzgehalts von rund 35 % auf 63 % der Serizitgehalt wieder auf ungefähr 35 % gesunken. Es stellen diese letztgenannten Gesteine lediglich ein Gemenge von Quarz und Serizit dar, dem Rutil und viel Eisenglimmer beigesellt sind. Der Chlorit ist völlig entfernt worden.

In Freiberg wurden die Scheererschen Untersuchungen von A. W. Stelzner[1]) wieder aufgenommen und in viel exakterer Weise durchgeführt.

---

[1]) A. W. Stelzner. *Studien über Freiberger Gneise und ihre Verwitterungsprodukte.* N. Jahrb. f. Min., 1884, I. Bd., 271—274.

Während Zirkon und Apatit des Gneises in den lettigen Zersetzungsprodukten unmittelbar an den Gängen noch ganz frisch angetroffen werden, sind die Hauptmineralien, Quarz, Feldspäte und Glimmer, hier fast ganz oder vollständig in Kaliglimmer (Serizit) umgewandelt. Dieser bildet in sechsseitig oder rundlich umgrenzten Schüppchen und in kleinen kugeligen Aggregaten die Hauptmasse der veränderten Gneise und wurde von Stelzner isoliert. Nach einer Analyse von H. Schulze hat er folgende Zusammensetzung:

SiO_2	47,88
TiO_2	Spur
SnO_2	0,02
Al_2O_3	35,16
Fe_2O_3	1,92
CaO	0,48
MgO	1,11
K_2O	10,08
Na_2O	0,41
H_2O	4,02
F	?
	100,68

Weiter führt dieser lettige Gneis als Neubildungen Rutilnädelchen und kleine tafelförmige Anataskriställchen. Anatas bildet sich übrigens auch bei normaler Zersetzung des Gneises an der Erdoberfläche. Endlich kommen neben dem Rutil feine braune Nädelchen vor, die als Zinnstein zu gelten haben, da in dem schwersten Anteil der Lettengemengteile 11,44 % SnO_2 nachgewiesen wurden. Während die Quelle für die Titanmineralien im Biotit des Gneises zu suchen ist, kann der Zinngehalt aus der Gangspalte selbst herrühren, die ja zinnsteinhaltige Zinkblende führt.

Sicher vom Gange her eingewandert sind die so oft in dem zersetzten Gneis von Freiberg eingestreuten Kriställchen von Arsenkies. Auf der Grube Morgenstern traten sie so reichlich auf, daß das Nebengestein auf Arsenkies abgebaut worden ist. Auch sekundäre Imprägnationen von Schwefelkies, Bleiglanz, Zinkblende und gediegen Silber sind im zersetzten Nebengestein der dortigen Gänge weit verbreitet [1]).

Merkwürdig ist die von W. Vogelgesang[2]) berichtete Imprägnation des zersetzten Gneises am Weißen Löwe Spat, südöstlich von Freiberg, mit Kupferkies, Buntkupferkies, Blende und Bleiglanz, obwohl die beiden erstgenannten Erze innerhalb der Gangtrümer selbst vollständig fehlen.

Eine Serizitisierung des Nebengesteines findet man nach W. Lindgren auch am Granit bei den Golderzgängen, z. B. in Idaho. Sie ist überall an Stelle der für die normale Verwitterung typischen Kaolinisierung getreten[3]). Auch das Nebengestein der kalifornischen Gold-

[1]) Viele Beispiele von Freiberg, und von anderwärts bei B. v. Cotta. *Erzlagerstätten*. I. 1859, S. 209ff.

[2]) W. Vogelgesang. *Erzgänge südöstl. von Freiberg*. 1854. Cottas Gangstudien. II. S. 82. — Man vergl. auch F. Sandberger. *Untersuchungen über Erzgänge*. II. S. 343 usw.

[3]) W. Lindgren. *The Mining Districts of the Idaho Basin etc.* Extr. of the 18. Ann. Rep. of the U. S. Geol. Surv., 1898. — Derselbe in 14. Ann. Rep.

quarzgänge ist von Lindgren untersucht worden. Hier besteht die Umwandlung neben der Serizitisierung auch in einer Ausscheidung von Kalzit, der in den Gängen selbst nur ganz spärlich vorkommt. Von den normalen Gemengteilen werden die gefärbten Bisilikate und Feldspäte angegriffen und in Aggregate von Serizit und Kalzit umgewandelt, die ersteren zuweilen mit einem chloritischen Zwischenstadium. Dann wird auch der Quarz verdrängt. Ilmenit wird zu Rutil. Als Einwanderer erscheinen Sulfide, besonders Pyrit, sowie auch Arsenkies, die zuweilen Einschlüsse von Serizitschüppchen führen.

Folgende von Lindgren angeführte Analysen geben ein Bild von dem Umwandlungsvorgang: I (von G. Steiger) ist ein frischer Granit, II (von G. Steiger) ein serizitisierter Granit, wie I von Idaho, Silver Wreath Tunnel, Boise Distrikt (a. a. O., S. 640); III (von N. H. Stokes) ein frischer Diabas von Grass Valley, Kalifornien, IV (von W. F. Hillebrand) ein veränderter Diabas der North Star Grube dortselbst. V frischer und VI veränderter Monzonitporphyr von Clifton-Morenci (W. Lindgren).

	I	II	III	IV	V	VI
SiO_2	65,23	66,66	51,01	45,74	68,04	46,67
TiO_2	0,66	0,49	0,98	0,36	0,41	0,43
Al_2O_3	16,94	14,26	11,89	5,29	17,20	20,92
Fe_2O_3	1,60	0,67	1,57	0,13	0,34	0,37
FeO	1,91	2,41	6,08	9,06	0,67	0,36
FeS_2	—	—	1,73	0,49	0,24	19,18
Cu_2S	—	—	—	—	0,02	0,24
MnO	Spur	Spur	Spur	0,26	—	—
CaO	3,85	3,37	10,36	23,85	2,21	0,15
BaO	0,19	—	—	—	—	—
MgO	1,31	0,95	8,87	0,94	1,05	0,85
K_2O	3,02	4,19	0,15	1,29	2,65	4,33
Na_2O	3,57	—	4,17	0,11	5,33	0,16
H_2O unter 100°	0,18	0,36	0,24	0,22	0,60	0,94
H_2O über 100°	0,88	2,16	2,09	1,07	1,23	5,01
P_2O_5	0,19	0,17	0,17	0,07	0,12	0,15
SO_3	—	—	—	—	—	—
S	—	0,95	—	—	—	—
CO_2	0,25	3,67	—	18,91	—	—
	99,78	100,31	99,31	100,79	100,11	99,76

In dem veränderten Granit erwähnt er kleine neugebildete Kristalle von Pyrit und Arsenkies. Der Feldspat ist verschwunden, höchstens seine Umrisse sind noch erkennbar. Der Biotit ist durch Serizit ersetzt. Titanit ist getrübt. Titaneisenerz hat zur Ausscheidung von Rutil Anlaß gegeben. Apatit blieb unberührt. Das Gestein enthält 1,55 g Gold und 15,55 g Silber p. t. Nach demselben Autor kann die

Part. II, p. 243—284, und 17. Ann. Rep., Part. II, p. 144, sowie Bull. Geol. Soc. Am., Vol. VI, p. 221. — Derselbe. *Metasomatic Processes in Fissure-Veins.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., Febr. 1900, p. 80.

Serizitisierung auch den Quarz ergreifen, besonders wenn zugleich Kalzit neben dem Serizit sich gebildet hat.

Auch in der Nachbarschaft von Gängen der quarzigen Kupfererzformation findet bei saueren Feldspatgesteinen in der Hauptsache eine Serizitisierung, daneben auch eine Kaolinisierung statt. Ilmenit veranlaßt eine sekundäre Bildung von Rutil. Magnetit zerfällt. Dafür kristallisieren Eisen- und Kupferkies aus. Chlorit wird zerstört. Serpentin tritt teilweise für ihn ein. In dieser Weise vollzog sich die Umwandlung des Granitporphyrs (Monzonitporphyrs) von Clifton-Morenci (siehe I. S. 160) nach W. Lindgren[1]) an den dortigen quarzigen Kupfererzgängen. Hierzu vergleiche man die Kolumnen V und VI der vorausgehenden Tabelle für die chemischen Werte. Den Gehalt an Serizit berechnet der Genannte im veränderten Gestein zu 38,50 %, an Kaolin zu 17,90 %, an Pyrit zu 19,18 %.

An diesem Beispiel einer Umwandlung hat die Arbeit von E. Steidtmann[2]) eingesetzt, der eine graphische Methode der Darstellung dieser Vorgänge anwendet, um sie mit denen der atmosphärischen Verwitterung zu vergleichen. Seinem Aufsatz sei der Hinweis entnommen, daß bei der thermalen Umwandlung sauerer Gesteine im Gegensatz zur Verwitterung im ganzen eine Abnahme des Mineralvolumens stattfindet, was mit der Einwanderung der Sulfide zusammenhängt.

2. Kaolinisierung.

In gewissen Fällen äußert sich die Umwandlung des Nebengesteins in einer Kaolinisierung. Eine solche wurde u. a. von J. Church[3]) am Comstock Lode innerhalb der dortigen andesitischen Gesteine in ausgedehntem Maße nachgewiesen und weiterhin irrtümlich als Ursache der starken Erwärmung der dort aufsteigenden Wässer aufgefaßt, die Ursache also mit der Wirkung vertauscht. Auch auf der Erzlagerstätte von Brokenhill spielen kaolinartige Bildungen eine große Rolle.

Genauer untersucht ist die als beginnende Kaolinisierung zu bezeichnende lettige Zersetzung des Quarz führenden Hornblendeandesites, neben den Golderzgängen von Nagyág, die zuerst von B. von Inkey[4]) beschrieben worden war.

---

[1]) W. Lindgren. *The Copper Deposits of the Clifton-Morenci Distr.* U. S. Geol. Surv. Prof. Paper No. 43.

[2]) E. Steidtmann. *A graphic comparison of the alteration of rocks by weathering with their alteration by hot solutions.* Econ. Geol. Vol. III, No. 5, 1908. p. 381—409.

[3]) J. A. Church. *The Comstock Lode, its Formation and history.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., 1879.

[4]) B. v. Inkey. *Nagyág und seine Erzlagerstätten.* Budapest 1885.

Eine größere Menge solcher Letten wurde von F. Kolbeck[1]) durch Schlämmung, Behandlung in Jodidlösung usw. in die einzelnen Bestandteile zerlegt. Unter diesen wog an Menge bei weitem vor ein lichtgrünlich-graues, glimmerähnliches Mineral von faserig-schuppiger Textur, dessen Zusammensetzung nach F. Kolbeck unter A folgt. Ferner bemerkte man darunter winzige Kristallgruppen von As, Au und Ag-haltigem Eisenkies, Kriställchen und rundliche Aggregate von Anatas, trübe Täfelchen von Baryt, kurze Säulchen von Apatit und modellscharfe Kriställchen von Zirkon. Die letztgenannten zwei sind Rückstände aus dem ursprünglichen Quarzandesit, dessen chemische Zusammensetzung nach Doelter[2]) unter B ersichtlich ist.

	A	B
SiO_2 . . .	48,67	58,01
Al_2O_3 . . .	39,30	18,19
Fe_2O_3 . . .	0,30	3,40
FeO . . .	—	2,89
MnO . . .	0,25	Spur
CaO . . .	0,38	7,55
MgO . . .	1,42	3,01
K_2O . . .	3,73	1,39
Na_2O . . .	0,13	3,92
H_2O . . .	5,83	1,60 (Glühverlust)
CO_2 . . .	0,23	—
FeS_2 . . .	0,43	—
	100,67	99,96

8. Alunitbildung im Nebengestein.

Die in Rhyolithen und Daziten aufsetzenden Golderzgänge des Goldfields-Distriktes im südlichen Nevada (siehe diese I. S. 452) werden von alunitreichen Umwandlungszonen ihres Nebengesteines begleitet, die von F. L. Ransome[3]) eingehend untersucht worden sind. Dieses Mineral mußte nach diesem Autor von sauren Lösungen erzeugt worden sein, im Gegensatz zur Bildung von Serizit und Kalzit, die wir alkalischen Thermalwässern zuschreiben. Vielleicht, vermutet dieser Forscher, hat der Schauplatz der Alunitbildung näher am Ursprung dieser Thermen gelegen, als die Region der Serizitisierung. Die Umwandlung wird durch folgende von F. L. Ransome mitgeteilte Analysen G. Steigers illustriert, in welchen I die Zusammensetzung eines frischen Dazites dieser Gegend, II diejenige eines teilweise in Kaolin und Alunit umgewandelten und pyritreichen Dazites vom Salband eines Golderzganges bedeuten.

[1]) F. Kolbeck. *Untersuchungen über die Zersetzung des Quarztrachytes neben den Golderzgängen von Nagyág.* Österr. Z. f. B. u. H., 1888, Nr. 3, S. 25.

[2]) In Tschermaks Mitt., 1873, H. II, S. 95.

[3]) F. L. Ransome. *The association of alunite with gold in the Goldfields District, Nevada.* Econ. Geology II. 7. 1907, p. 667—693.

	I	II
SiO_2	59,95	60,53
Al_2O_3	15,77	15,32
Fe_2O_3	3,34	0,20
FeO	2,34	0,14
FeS_2	—	7,20
MgO	2,73	0,06
CaO	5,84	0,41
Na_2O	3,07	0,84
K_2O	2,52	1,06
H_2O unter 110 ° C.	0,52	1,33
H_2O über 110 ° C.	2,00	6,00
TiO_2	0,82	0,80
ZrO_2	0,02	0,01
CO_2	—	—
P_2O_5	0,26	0,27
SO_3	—	5,97
F	—	Spur
MnO	0,09	Spur
BaO	0,11	0,06
SrO	0,13	nicht unters.

4. Verkieselung.

Eine Verkieselung des Nebengesteins, der manchmal eine Dolomitisierung vorausgeht, macht sich häufig bei Erzgängen, die Kalksteine durchsetzen, geltend. Die Substanz der letzteren wird, wie es W. Lindgren[1]) genauer beschrieben hat, hierbei gewöhnlich in ein höchst feinkristallines Aggregat von ineinander greifenden Quarzkörnchen verwandelt. Zuweilen kann man trotz der vollendeten Umwandlung noch die ungefähren Umrisse von Foraminiferengehäusen u. dergl. darin erkennen. Ähnliche Aggregate von Gangquarz unterscheiden. sich durch die viel größeren Durchmesser der Körner. Auch sind winzige Quarzdihexaëder aus Kalksteinen in Erzgebieten bekannt geworden, wie z. B. von Bleiberg in Kärnthen. Auch Feldspäte, ja sogar Hornblende und andere Bisilikate können durch Quarz ersetzt werden. Bei Altenberg finden wir zuweilen in der Nachbarschaft von Zinnerzgängen eine Silifizierung. Sehr gewöhnlich ist die Erscheinung am Nebengestein der Quecksilbererzgänge (siehe diese). Auch bei manchen Gängen von Schemnitz tritt sie auf[2]). Zuweilen ist die Dolomitisierung und Verkieselung der Kalksteine außerdem noch durch eine Einführung von Eisen in Gestalt von

---

[1]) W. Lindgren. *Metasomatic Processes in Fissure-Veins.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., Febr. 1900.

[2]) H. Böckh. A. a. O. 398.

Eisenspat oder von Pyrit begleitet. Endlich scheinen längs der altaïschen Lagerstätte von Smejinogorsk, die wir I. S. 406 als Beispiel der Edlen Silber-Kupfererzformation schilderten, Verkieselungen verbreitet zu sein. Wenigstens werden die dortigen, das unmittelbare Liegende des Hauptganges bildenden goldhaltigen Hornsteine von den altaïschen Geologen als umgewandelte unterdevonische Tonschiefer aufgefaßt[1]).

5. Propylitisierung.

J. v. Szabó, M. E. Wadsworth[2]), B. von Inkey[3]), H. Rosenbusch[4]) und H. Böckh[5]) haben gezeigt, daß auch die Propylitisierung andesitischer und trachytischer Gesteine dem Thermalmetamorphismus während der Erzgangbildung zuzuschreiben sei. Die Art des Vorkommens dieser Gesteine geht am besten aus dem Profil Fig. 190 in I. S. 465 hervor.

Wir vermögen das Wesen der übrigens schon von Beudant[6]) beschriebenen Propylite nicht treffender und kürzer zu kennzeichnen als mit den Worten von H. Rosenbusch[7]):

„Als Quarzpropylit und Propylit (F. von Richthofen) bezeichnet man eine Grünstein ähnliche Fazies von dazitischen und andesitischen Gesteinen, welche fast immer dort sich findet, wo dieselben Erzbringer gewesen sind“ (d. h. von Erzgängen durchsetzt werden). „Der Name Propylit entsprang der Annahme, daß diese Gesteine, wie an manchen Orten der Fall ist, allenthalben die ältesten tertiären Eruptivgesteine seien und gewissermaßen nach langer vulkanischer Ruhe während der mesozoischen Epochen die eruptiven Vorgänge wieder eröffneten“ (pro pyles, am Tore). Der Name „Grünsteintrachyt“ ist ein älteres Synonym. Solche propylitische Fazies sind verbreitet in Ungarn und Siebenbürgen, am Ostabfall der Sierra Nevada, im Washoe-Distrikt, auf dem Hochlande von Mexiko, in den südamerikanischen Anden usw. Das Eigen-

[1]) Briefliche Mitteilung des Herrn Dipl.-Ing. J. Hergenreder.

[2]) M. E. Wadsworth zuerst in Bull. Mus. Comp. Zool. 1879. Vol. V, p. 281—286.

[3]) B. v. Inkey. *Nagyág und seine Erzlagerstätten.* Budapest 1895. — Derselbe. *De la relation entre l'état propylitique des roches andésitiques et leurs filons minéraux.* Compte Rendu Congr. Intern. Géol. Mexico 1906, I, p. 501—517.

[4]) H. Rosenbusch. *Elemente der Gesteinslehre.* 1898, S. 302—303. Vergl. auch unter Comstock Lode I. S. 480 unseres Werkes.

[5]) H. Böckh. *Vorl. Bericht über das Altersverh. d. Eruptivg. v. Selmeczbánya.* 1901. Földtani Közlöny XXXI. Bd.

[6]) Beudant. *Voyage minéralogique et géol. en Hongrie.* Paris 1822.

[7]) H. Rosenbusch. *Elemente der Gesteinslehre.* Stuttgart 1898, S. 302.

tümliche der propylitischen Fazies liegt in dem Verlust des glasigen Habitus der Feldspäte, in der chloritischen Umwandlung der Hornblende, des Biotits und der Pyroxene (bei diesen oft mit einem uralitischen Zwischenstadium) unter gleichzeitiger Entwicklung von Epidot, in dem Übergange der normalandesitischen Grundmasse in holokristallin-körnige Aggregate von Feldspat, Quarz, Chlorit, Epidot und Kalzit und einer oft beträchtlichen Imprägnation mit Kiesen. Die Imprägnation mit Kiesen deutet auf thermale Vorgänge als gemeinschaftliche Ursache der Erzführung und der Umwandlung der Gesteine, welche, von der Kiesführung abgesehen, auch bei normaler Verwitterung oft ähnliche Wege einschlägt. Analyse 1 und 2 unten geben die Zusammensetzung derartiger Gesteine. — Die propylitische Umwandlung kehrt mit gewissen Modifikationen auch bei Trachyten und Lipariten wieder, wie sie auch basischeren Gesteinen der Basalt-, Melaphyr- und Diabas-Familie nicht fremd ist."

	1	2
SiO_2	66,34	64,62
Al_2O_3	14,80	11,70
Fe_2O_3	4,07	—
FeO	—	8,39
MgO	0,92	1,18
CaO	2,99	8,96
Na_2O	5,16	3,13
K_2O	3,19	1,95
H_2O	3,34	1,02
Sa.	100,81	100,95

1. Quarzpropylit. Golconda. Washoe.
2. Quarzfreier Propylit. Sheep Coral Cañon. Virginia Range. Washoe.

6. Umwandlung kalkiger Gesteine in Baryt.

Durch H. Everding[1]) sind wir über eine ausgezeichnete Barytisierung an Gangspalten unterrichtet worden: Am Rösteberg im Harzvorland westlich von Grund wird seit Jahren in Tagebrüchen Schwerspat abgebaut. Dieser kommt wie folgt vor: Postpermische Spalten, die zum Gefolge des zur barytischen Bleierzformation gehörigen Erzganges der nahen Grube Hilfe Gottes zählen, haben die dortigen Zechsteinschollen sowohl, wie deren kulmisches Liegendes durchschnitten und verworfen. Der Zechsteinkalk, nicht auch der Hauptdolomit des abgesunkenen Hangenden, ist hierbei unmittelbar an den Klüften durch Brauneisenstein, weiter abseits hinter diesem oder auch ebenfalls un-

[1]) H. Everding. *Schwerspatvorkommen am Rösteberge.* Z. f. pr. G. 1903, S. 89—106.

mittelbar an der Spalte dagegen durch Schwerspat verdrängt worden und zwar bis zu einer Entfernung von mindestens 30 m. Das so entstandene Lager von grobspätigem Schwerspat läßt noch die ehemaligen Schichtfugen des Kalksteins erkennen, die neben Klüften als Zufuhrkanäle für die Lösungen gedient haben. H. Everding stellt sich den Vorgang in zwei Akten vor: 1. Umwandlung des kohlensauren Kalkes in schwefelsauren durch Einwirkung von Sulfaten, 2. Ausfällung von Schwerspat durch weitere Zufuhr von Chlorbaryum-haltigen Lösungen.

7. Umwandlung kalkiger Gesteine in erzführende Pyroxen-Epidotgesteine.

Nach G. vom Rath[1]) und B. Lotti[2]) hat das aus eozänem Tonschiefer mit zahlreichen zwischengeschalteten Kalksteinbänkchen bestehende Nebengestein der quarzigen Kupfererzgänge Capanne Vecchie und Serrabottini bei Massa Marittima eine sehr eigentümliche Metamorphose erlitten. Während nämlich der Tonschiefer unverändert blieb oder höchstens etwas verkieselt wurde und auf seinen Querspältchen Krusten von Epidot und Quarz empfing, sind die Kalkbänke entweder in ein Pyrit, Kupferkies, Blende und Bleiglanz haltendes Aggregat von Pyroxen und Epidot, sowie etwas Granat umgewandelt oder durch eine Pyrit führende Kieselmasse ersetzt worden.

Die Erscheinung erinnert lebhaft an die Vorgänge bei der Bildung von Kontaktlagerstätten an plutonischen Massen. Tatsächlich ist ähnliches auch ganz nahe an Kontakthöfen beobachtet worden, so bei Clifton-Morenci in Arizona (siehe I. S. 160) durch W. Lindgren an den dortigen quarzigen Kupfererzgängen, längs deren der karbonische Kalk in ein Aggregat von Tremolit und zuweilen auch von Diopsid übergeführt worden ist.

8. Umwandlung des Nebengesteins in Greisen oder Zwitter.

Bei den Zinnerzgängen ist es eine altbekannte, schon von J. F. W. Charpentier aus dem Erzgebirge beschriebene und abgebildete, später in der mikroskopischen Forschungsperiode von vielen Autoren petrographisch genau erforschte Erscheinung, daß sich das Nebengestein bis auf mehrere Zentimeter, stellenweise auf noch größere Entfernung hin, in Zwitter oder, wie es bei granitischem Nebengestein auch heißt, in Greisen umgewandelt zeigt. Vieles wurde hierüber schon bei Besprechung der Zinnerzgänge I. S. 273 mitgeteilt.

---

[1]) G. vom Rath. *Aus der Umgeb. v. Massa Marittima.* Z. d. D. geol. G., 1873.

[2]) B. Lotti. *Descr. geol.-mineraria dei Dintorni di Massa Marittima.* Roma 1893, p. 73—75. — R. Ermisch. *Erzlagerst. der Umgebung von Massa Marittima.* Z. f. pr. G. 1905, S. 220.

Die Umwandlung besteht in einer vollständigen Zerstörung aller feldspätigen Gemengteile und deren Ersatz durch Quarz, Lithionglimmer, Topas, Turmalin, Flußspat, Nakrit (ein Kaolin), Zinnstein, Arsenkies, Wolfram und andere für die Zinnerzformation charakteristische Mineralien.

Eine von uns kürzlich ausgeführte erneute mikroskopische Untersuchung der Zwitter und Greisen des Erzgebirges zeigte folgende charakteristischen Strukturverhältnisse: Die Aggregate von Quarz mit Topas und Lithionglimmer, welche an die Stelle der Feldspäte getreten sind, bestehen sehr gewöhnlich aus scharf polygonalen Körnern mit geradlinigen Umrissen, sodaß die Struktur der Pflasterstruktur oder Bienenwabenstruktur kontaktmetamorpher Gesteine ähnelt. Wie hier fallen auch in den Zwittern die vielen in der Mitte der neugebildeten Quarzkörner eingeschlossenen Scheibchen von Glimmer auf. Ähnlich, wie die Andalusite usw. in den kontaktmetamorphen Hornfelsen bildet der Topas gern skelettartige, von Quarz durchbrochene Wachstumsformen. Seltener tritt er in der Gestalt des Pyknites auf und erscheint dann auch mikroskopisch in oft büscheligen oder untereinander völlig verfilzten Nädelchen, so z. B. im Zwitter des Altenberger Zwitterstocks. Risse im Topas sind oft durch Fluorit ausgefüllt worden.

Es sind Beispiele bekannt, daß ein ganzer Aplitgang viele Meter weit total in Greisen umgewandelt und zugleich schwach zinnhaltig wurde, wie bei Graupen an der sog. Zwickenpinge.

Wenn der Zinnstein und der Topas, wie nicht selten, hierbei in größerer Menge sich einstellen, werden diese Umwandlungszonen abbauwürdige Erzmittel. Die in vielen Sammlungen verbreiteten Pseudomorphosen von Zinnstein und Quarz nach großen, porphyrartig im Granit eingesprengten Orthoklaskristallen von St. Agnes in Cornwall illustrieren diese Umwandlung sehr gut. Die chemische Zusammensetzung der Greisen und Zwitter schwankt ebenso, wie ihr mineralogischer Bestand.

Wir geben im folgenden nach K. Dalmer[1]) die chemische Zusammensetzung

1. eines Altenberger normalen Granites (von Rube ausgeführt),
2. eines daraus hervorgegangenen quarzarmen und an Lithionglimmer reichen Greisens (Dalmer),
3. eines dergleichen an Quarz und Topas besonders reichen Gesteines (Dalmer).

Ist das verzwitterte Nebengestein kein Granit, sondern ein Porphyr oder Schiefer gewesen, so ändern sich dementsprechend diese Zahlen.

---

[1]) K. Dalmer. *Erläuterungen zu Sektion Altenberg-Zinnwald.* Leipzig 1890, S. 56.

	1	2	3
SiO_2	74,68	70,41	79,73
TiO_2	0,71	0,49	—
SnO_2	0,09	0,49	1,43
Al_2O_3	12,73	14,86	14,31
Fe_2O_3	—	1,42	—
FeO	3,00	5,09	—
MnO	—	0,29	—
CaO	0,09	0,21	—
MgO	0,35	0,09	—
K_2O	4,64	3,01	—
Na_2O / Li_2O . . .	1,54	0,98	—
F	nicht best.	3,10	4,53
Sa.	99,50	100,44	100,00

Weitere Angaben über den Zinnsteingehalt usw. der Greisen I. S. 272.

Eine Umwandlung in ein greisenartiges Gestein, dessen Glimmer jedoch keine Lithionreaktion ergab, kann man auch am Ganggranit in unmittelbarer Nachbarschaft von Kupfererztrümern in Thelemarken beobachten (siehe I. S. 318).

Daß gelegentlich auch eine Greisenbildung an Gängen der Silber-Bleierzformation vorkommt, beweist die Beschreibung der Lagerstätten von Silver Mines östlich von Ironton in Missouri durch Haworth[1]). Gänge von Quarz, silberhaltigem Bleiglanz, Eisen- und Kupferkies von präkambrischem Alter setzen in einem Granit auf, der an ihren Salbändern in einen echten Greisen umgewandelt ist. Das Miteinbrechen von Zinnwaldit, Topas, Fluorit, Wolframit, Muscovit und Serizit bringt allerdings diese Gänge den echten Zinnerzgängen nahe.

9. Turmalinisierung und Topasierung des Nebengesteines.

Eine mit der vorigen verwandte Erscheinung ist die Imprägnation des Nebengesteines mit Turmalin oder die Turmalinisierung.

Seit langer Zeit ist sie bekannt an den Quarz, Turmalin und Zinnstein enthaltenden kleinen Gangspalten im Andalusitglimmerfels des Auersberggebietes bei Eibenstock im Sächsischen Erzgebirge, einem Gesteine, das durch Kontaktmetamorphose von seiten des Eibenstocker Turmalingranites aus Phyllit hervorgegangen ist. Die Imprägnation des Nebengesteines mit Turmalin, sowie auch Quarz, Zinnstein, Kupferkies, sehr selten endlich mit Spuren von Gold, erstreckte sich nach M. Schröder[2]) auf etwa 0,5 m Entfernung. Die Lagerstätten wurden

[1]) *Missouri Geol. Surv. Vol. VIII* (1895), p. 83. Zitiert nach Ch. R. Keyes im Trans. Am. Inst. Min. Eng., 1901.

[2]) M. Schröder. *Erläuterungen zu Sektion Eibenstock.* Leipzig 1884, S. 38.

früher auf Zinnstein abgebaut. Fig. 208 gibt das Profil eines solchen Imprägnationsganges wieder.

Sehr klar entwickelt ist die Turmalinisierung des kambrischen Fleckschiefers an den Salbändern der Wolframerzgänge von Tirpersdorf (siehe I. S. 313 und Fig. 161). Die Erscheinung läßt mit wachsender Entfernung vom Gange nach. Ganz dasselbe haben G. Bodenbender[1]) und O. v. Keyserling[2]) an argentinischen Wolframerzgängen beobachtet.

Im großen Maßstabe hat eine Turmalinisierung und Topasierung des Nebengesteins von Zinnerzgängen am Mt. Bischoff in Tasmanien stattgefunden, worüber unter Zinnerzseifen unten ausführlicher berichtet werden wird. Die Quarze der dortigen Schiefer werden allmählich ganz von Turmalin durchsetzt. Ganz besonders stark ist die Umwandlung

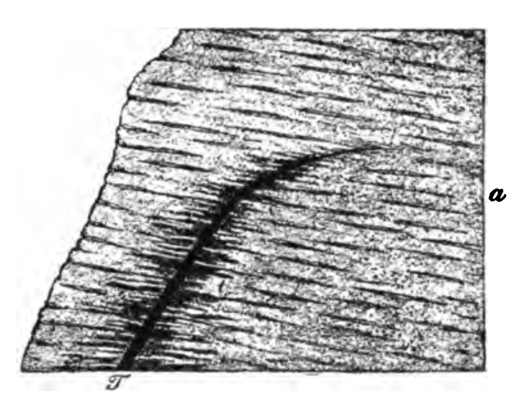


Fig. 208. *Imprägnation des Nebengesteins mit Turmalin* nach M. Schröder.
a Andalusitglimmerfels, T Turmalin-Quarzgang, t Turmalinschiefer.

der Quarzporphyre, deren Orthoklaseinsprenglinge durch Zinnstein, Pyrit, Magnetkies, Arsenkies und Flußspat verdrängt werden.

In gewissem Sinne gehören auch die von M. Schröder[3]) genau untersuchten Topasbrockenfelse aus dem ehemaligen Zinnerzrevier vom Schneckenstein am Westrand des Eibenstocker Granitmassives hierher. Fragmente eines turmalinisierten Schiefers sind hier durch Topas verkittet, und zugleich hat das Gestein der Quarzporphyrgänge im benachbarten Saubachtal eine hochgradige Topasierung erfahren.

Eine Turmalinisierung des Nebengesteines ist auch an den goldhaltigen Kupfererzgängen Chiles beobachtet worden (s. I. S. 318).

[1]) Zitiert I, S. 315.

[2]) O. von Keyserling. *Argentinische Wolframerzlagerstätten.* Zeitschr. f. pr. G. 1909, S. 156—166.

[3]) M. Schröder. *Erläuterungen zu Sektion Falkenstein.* Leipzig 1885, S. 40.

Anhangsweise mag hier die Fluoritisierung des kristallinen Kalksteines von Berggießhübel in der Nachbarschaft durchziehender Trümer der Zinnerzformation angeführen werden. Auch die Quarz-Flußspatgemenge von Cripple Creek (I. S. 492) hält W. Lindgren für durch metasomatische Verdrängung von Feldspat und anderen Mineralien entstanden.

10. Metasomatische Verdrängung von Gemengteilen des Nebengesteines oder älterer Spaltenfüllungen durch Erze.

Dieser nebenbei schon öfter erwähnte Vorgang ist durch die umfassenden, verdienstvollen Untersuchungen W. Lindgrens aufgehellt worden (a. a. O. p. 38). Er beschrieb Verdrängungen durch Pyrit, Markasit, Kupferkies, Arsenkies, Magnetkies, Bleiglanz, Zinkblende, gediegen Gold, Silber und Kupfer. Das eingesprengte Vorkommen von Kristallen und Körnern der genannten Sulfide im Nebengestein ist ja schon im vorausgehenden mehrfach erwähnt worden und war schon seit längerer Zeit bekannt. Der Nachweis, daß diese Einsprenglinge wirklich Verdrängungsgebilde sind, wurde von W. Lindgren durch die Mikroskopie erbracht. Heben wir als Beispiel die Mikrostruktur des Bleiglanzes dieser Art heraus. Dieser verdrängt gern Kalzit und Dolomit, wie dies auch bei der Schilderung der epigenetischen Erzstöcke gezeigt werden wird, aber auch Quarz und Silikate. Fig. 209 zeigt die Verdrängung eines kristallinen Kalksteines durch dieses Erz im Dünnschliff. Ferner möge hier die von W. Lindgren[1]) berichtete Umwandlung des quarzitischen Nebengesteines der Silbererzgänge der Coer d'Alene-Berge in Idaho in ein Aggregat von Eisenspat mit Pyrit, Bleiglanz und Blende erwähnt werden. Auch die längst bekannte Umwandlung des Zechsteinkalkes in der Nachbarschaft der durchsetzenden Erzgänge von Kamsdorf

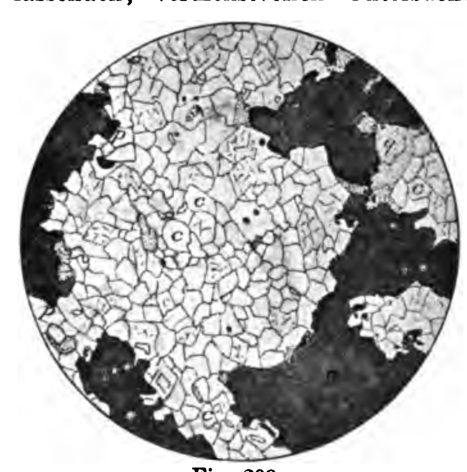


Fig. 209.
Kalkstein (c), durch Bleiglanz (g), Pyrit (p) und sekundären Quarz (q) verdrängt.
Nach W. Lindgren.
Vergr. 12.

---

[1]) W. Lindgren. *Metasomatic Processes.* p. 103.

(s. I, S. 332) gehört hierher. Sie hat als Endergebnis Spateisenerz oder einen eisenreichen Kalkstein (Eisenkalk).

Nicht nur das Nebengestein, auch ältere Spaltenfüllungen, vielleicht auch von früheren Verdrängungsvorgängen herrührende Gangmineralien können durch Erze metasomatisch ersetzt werden. So wies z. B. P. Krusch auf die Verdrängung von Spateisenstein und Quarz durch Zinkblende hin.

11. Bevorzugung der hangenden Nebengesteinszone bei den Zersetzungsvorgängen.

Wohl zuerst T. A. Ricard[1]) hat unseres Wissens darauf hingewiesen, daß sich die beiden Salbandzonen eines Ganges oft sehr stark verschieden zersetzt zeigen. Im Hangenden ist gewöhnlich das Nebengestein auf eine viel größere Entfernung hin in serizitische und ähnliche Massen umgewandelt als im Liegenden. Die Erklärung für diese noch weiterhin zu bestätigende Beobachtung dürfte folgende sein: Die durch Reibung entstandenen Grus- und Lettenmassen mußten sich, der Schwerkraft folgend, auch wenn die Spalten ganz von Wasser erfüllt waren, vorzugsweise auf dem liegenden Salband niederschlagen. Dieser schwer oder gänzlich undurchlässige Lettenbelag hinderte dann das Thermalwasser, weiterhin ins liegende Nebengestein vorzudringen und dort Zersetzungen einzuleiten.

Hiermit stimmt gut überein, was F. A. Moesta[2]) von den sog. Mantos, das sind Imprägnations- und Umwandlungszonen im jurassischen Kalkstein, als dem Nebengestein der berühmten Silbererzgänge von Chañarcillo (s. I, S. 402), sagt: „Bemerkenswert ist, daß die Mantos vorzugsweise auf dem Hangenden ausgebildet sind, wogegen das Liegende, ganz geschlossen, noch den primitiven Gesteinscharakter trägt. An jener Seite erscheint das ganze Nebengestein von zahlreichen erzführenden Klüften und Gangtrümern durchsetzt und so reichlich mit Erz imprägniert, daß sein Silbergehalt bis 1 % und darüber steigt, und es oft bis auf 12 m vom Gange entfernt noch bauwürdig ist". In größeren Teufen sind zwar die Mantos meist auf beiden Seiten des Ganges ausgebildet, werden aber im allgemeinen seltener und ärmer. Im Bereiche dieser Mantos enthalten die Gänge von Chañarcillo die reichsten Erzmittel. Moesta glaubt daher, daß schon der ursprüngliche Charakter des Nebengesteins bei ihrer Herausbildung mit tätig war und daß sie zugleich Veredelungszonen darstellen, deren Entstehung er mit dem Durchbruch der Grünsteine in Zusammenhang bringt. Die Umwandlungserscheinungen in diesen Mantos bestehen u. a. in einer starken Verkieselung. Folgende Analysen von Moesta zeigen die chemische Verschiedenheit zwischen einem solchen Manto und dem zugehörigen unzersetzten Gestein aus derselben Schicht im Liegenden des Ganges:

---

[1]) T. A. Ricard. *Vein-Walls.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., Vol. XXVI, 1897, p. 193.

[2]) F. A. Moesta. *Über das Vorkommen der Chlor-, Brom- und Jodverbindungen des Silbers in der Natur.* Marburg 1870, S. 26.

	Manto	Unverändertes Gestein
SiO_2	47,97	22,82
Al_2O_3	6,22	3,53
Fe_2O_3	3,90	
MgO	16,71	11,46
CaO	9,65	29,73
CO_2	11,64	31,09
$K_2O + Na_2O$.	1,27	1,69
AgCl	1,55	—
C	—	0,93
Sa.	98,91	101,25

i) Gebundensein gewisser Gangtypen an bestimmte Eruptivgesteine.

Schon von alter Zeit her hat der Bergmann gewisse Eruptivgesteine als Erzbringer gewürdigt. Besonders bekannt ist das für die Gänge der Zinnerzformation, die an Granite gebunden sind. Die früher aus dem Erzgebirge, aus Cornwall, Malakka, Tasmanien usw. angeführten Beispiele haben das gezeigt.

Was das Erzgebirge anlangt, so sind aber nicht nur die Zinnerzgänge an die Granite gebunden. Vielmehr sind die Thermalwirkungen der langsam erkaltenden Eruptivmassen auch die Ursache für die Gänge der Silber-Bleierzformationen und der Edlen Quarzformation gewesen. Wo granitische Gesteine an der Erdoberfläche in solchen Gangregionen nicht anstehen, sind sie sehr wahrscheinlich in der Tiefe zu vermuten, wie bei Freiberg und Brand. Ja selbst die jüngsten Gangformationen in Sachsen, die aber immerhin noch sicher präkretazeischen Gänge der Edlen Kobalt-Silbererzformation und Eisen-Manganerzformationen scheinen infolge thermaler Nachwirkungen nach der Intrusion der jungpaläozoischen Granite entstanden zu sein. Wir verweisen hier auf die lichtvollen Auseinandersetzungen K. Dalmers[1]).

In anderen Gegenden der Erde haben die granitischen, besonders die etwas kieselsäureärmeren granitischen Gesteine, Hornblendegranite, Tonalite u. a., ein Gefolge von Goldquarzgängen, wie wir bei deren Schilderung mehrfach betonen konnten.

In noch anderen treten ausgedehnte Granite auf, ohne daß nennenswerte Erzgangbildungen damit verknüpft sind, wie dies in Sachsen bei allen Graniten des Lausitzer Typus (mit Oligoklas) der Fall ist.

---

[1]) K. Dalmer. *Über das Alter der jüngeren Gangformationen des Erzgebirges.* Z. f. pr. G. 1896, S. 1—6.

Viele weitere Beiträge für eine solche Abhängigkeit gewisser Erzgänge von bestimmten Eruptivgesteinen hat namentlich W. Möricke[1]) geliefert.

In Chile sind die Gänge der Gold führenden Kupfererzformation an mäßig saure und saure Eruptivgesteine gebunden, wie quarzführende Gabbros, Quarzdiorite, Syenite, Amphibolgranitite, Quarzporphyre und Liparite, desgleichen in Ungarn die Golderzgänge verschiedenen Charakters an tertiäre Quarzandesite (Verespatak, Nagyág, Boicza), oder an Liparite (Königsberg bei Schemnitz, Telkibánya). In Kalifornien stehen die Goldquarzgänge in engen Beziehungen zu granitischen Gesteinen, wie auch im Ural (Kotschkar, Berezowsk usw.). Vielfach sehen wir dieselben auch in Zusammenhang mit amphibolitisierten Diabasen (Australien, Mashonaland, Guyana). Ähnlich findet man in Chile die Gänge der Edlen Silber-Kupfererzformation gewöhnlich zusammen mit basischen Plagioklas-Augitgesteinen, wie Diabasen, Augitporphyriten, Augitandesiten. Auch das Gebundensein der Přibramer Bleierzgänge an die dortigen Diabase und Diorite möge wieder erwähnt sein, sowie auch die Vorliebe der Kupfererze für Melaphyre oder Diabasporphyrite, wie am Obern See.

D. Geologisches Alter der Erzgänge.

Die Entstehung eines Ganges setzt sich für gewöhnlich nur aus zwei Akten zusammen, die zeitlich nur wenig voneinander abstehen werden: 1. Das Einreißen der Spalte, 2. ihre Ausfüllung.

Aus den früher angeführten Beispielen für die einzelnen Gangformationen war zu ersehen, daß zu allen möglichen Zeiten in der Erdgeschichte und auch noch heutigen Tages Spalten sich gebildet haben und noch bilden können, und es darum auch Gangfüllungen von höchst verschiedenem Alter geben wird. Auch muß das mehrfach wiederholte Aufreißen mancher Gangspalten und damit die sukzessive Entstehung mancher Gangfüllungen als ein sehr häufiges Vorkommnis angeführt werden. Es können während eines solchen längere Zeit hindurch anhaltenden Vorganges Änderungen in der Natur der zugeführten Lösungen eintreten, und es kann so auch der Charakter der aufeinander folgenden Füllungen ein verschiedener werden. Ja es ist möglich, daß ein Gang 2—3 Trümer enthält, die gar nicht mehr einer einheitlichen Gangformation eingeordnet werden können. Manche Gänge auf der Grube Himmelsfürst bei Brand z. B. bestehen aus einem Trum der karbonspätigen und einem anderen der kiesig-blendigen Bleierzformation.

[1]) W. Möricke. *Die Gold-, Silber- und Kupfer-Erzlagerstätten in Chile und ihre Abhängigkeit von Eruptivgesteinen.* Freiburg i. B. 1897.

Das Alter eines Ganges[1]) wird im allgemeinen relativ dann bestimmt werden können, wenn man das Alter des Gesteins kennt, worin er aufsetzt, und eines anderen, an dem er abschneidet. Natürlich ist hier ein Abschneiden infolge veränderter Kohärenzverhältnisse (siehe I. S. 178) ausgeschlossen. Vielmehr müssen es die Beobachtungen wahrscheinlich machen, daß wirklich während der Ablagerung des zweiten Gesteines der Gang schon fertig war, etwa in der Weise, daß Fragmente der Gangmasse in diesem Gestein sich finden. Auch werden andere Spalten bekannten Alters, Verwerfungsspalten, Eruptivgänge und Erzgänge, an denen man beobachten kann, ob sie den fraglichen Gang abschneiden oder nicht, ein Hilfsmittel zur Altersbestimmung abgeben. Immer aber ist diese nur eine relative. Es wird lediglich ermittelt werden können, ob ein Gang jünger oder älter als ein anderes geologisches Gebilde ist.

Das durchsetzte Nebengestein allein gibt nur eine Altersgrenze nach unten an. Die Gangfüllung kann ja viel jünger sein, als dieses Nebengestein. Dies ist besonders auffällig bei gangartigen Höhlenfüllungen (allerdings nicht echten Gängen) in den silurischen Kalksteinen Missouris. Ein Teil der darin enthaltenen Erze, Bleiglanz und Zinkblende, ist viel jüngeren, nämlich quartären Alters, denn man fand darin von Bleiglanz überkrustete Knochen von Elephas. Ähnlich verhält es sich mit den tertiären und diluvialen Bohnerzen in Höhlungen von jurassischen Kalksteinen.

Einige Beispiele für die relative Altersbestimmung von Erzgängen mögen im folgenden erwähnt werden:

Bei Freiberg werden die Gänge der Edlen Quarzformation von den Quarzporphyrgängen durchsetzt, deren Zugehörigkeit zur Dyas feststeht, sie sind also älter als die Dyas. Umgekehrt aber durchsetzen die Gänge der kiesig-blendigen Bleierzformation die dyasischen Quarzporphyre, sind also jünger als diese.

Die Joachimsthaler Erzgänge durchsetzen die dyasischen Quarzporphyrgänge, werden aber in der Hauptsache durch die oberoligozänen Basalte durchschnitten, nur einzelne unbedeutende jüngere Erztrümer finden sich auch im Gestein der Basaltgänge. Da außerdem die dortige Spaltenbildung sehr wahrscheinlich mit der zur Oligozänzeit stattfindenden Haupthebung des Erzgebirges zusammenfällt, darf die Entstehung der Erzgänge ins Oligozän verlegt werden. In ganz derselben Weise verhalten sich auch die Annaberger Kobalt-Silbererzgänge zu den erzgebirgischen Basalten.

Manche australische Goldquarzgänge durchsetzen Silur und Devon, sowie auch die gleichaltrigen Eruptivgesteine, nicht aber das darüber ausgebreitete Kohlengebirge.

---

[1]) Vergl. H. Höfer. *Zur Bestimmung des Alters der Gänge.* Österr. Z. f. B. u. H. XLVII. Bd. 1899.

Auch das Vorkommen von Gold in den untersten karbonischen Konglomeraten spricht für dieses präkarbonische Alter jener Gänge.

Zuweilen scheint Aussicht vorhanden zu sein, sogar das relative Alter der einzelnen Abteilungen der Gangausfüllung zu bestimmen. So sind nach F. Klockmann[1]) Quarz und Kalkspat der Erzgänge des Oberharzes wohl permischen Alters. Der Schwerspat dürfte dagegen erst später, während oder nach der Zechsteinperiode zugeführt sein, denn am Rösteberg bei Grund hat man Baryt im Zechsteindolomit. Noch später seien wahrscheinlich die Spateisensteintrümer und der Strontianit entstanden. Die Erze dagegen scheinen nicht bloß auf die älteste Bildungsperiode beschränkt geblieben zu sein, denn auch in Klüften und Höhlungen des Zechsteines von Grund und Lauterberg ist Bleiglanz gefunden worden. Gewisse Gänge des Oberharzes gehören freilich ihrem Alter nach sogar dem Miozän bis Pliozän an, wie A. von Koenen[2]) überzeugend nachgewiesen hat.

Früher nahm man an, daß gewisse Gangtypen an bestimmte geologische Zeiten gebunden wären. Viele neuere Beobachtungen indessen sollten vor solchen Verallgemeinerungen warnen. Was für einen engeren Bezirk gilt, braucht nicht für die übrige Erdoberfläche zu gelten. War z. B. bei Freiberg die Edle Quarzformation älter als die Dyas, so sahen wir für die sehr ähnlichen Vorkommnisse in Mexiko das postjurassische Alter außer Zweifel gestellt (I. S. 389). So sprach man früher, als man noch alle Granite für altpaläozoisch hielt, auch den an jene gebundenen Zinnerzgängen dieses hohe Alter zu. Jetzt indessen kennt man viel jüngere Vorkommnisse von beiden. Die Altenberger und Zinnwalder Gänge z. B. sind nach K. Dalmer[3]) postkarbonischen Alters, ja in der Provinz Pisa in Oberitalien durchsetzen Zinnerzgänge sogar liasische Schichten.

Auch das Gold ist an kein bestimmtes geologisches Zeitalter gebunden. Während in Nordamerika präkambrische Golderzgänge festgestellt sind (siehe weiter unten unter Black Hills), sehen wir in Siebenbürgen tertiäres Gebirge von solchen durchsetzt.

---

[1]) F. Klockmann im *Berg- und Hüttenwesen des Oberharzes.* Stuttgart 1895, S. 49.

[2]) A. v. Koenen. *Über die Dislokationen westlich und südwestlich vom Harz.* Jahrb. d. k. preuß. geol. Landesanst. 1893, S. 68—82.

[3]) K. Dalmer. *Altenberg-Graupener Zinnerzlagerstätten.* Z. f. pr. G. 1894, S. 314.

E. Überblick über die verschiedenen Theorien von der Entstehung der Erzgänge.

In früherer Zeit wurden auf keinem Gebiete der Geologie verworrenere Theorien ausgesponnen, wie über die Entstehung der Erzgänge. Man findet diese merkwürdigen älteren Ansichten schon bei A. G. Werner[1]) zusammengestellt, sehr vollständig ferner bei K. A. Kühn[2]) und endlich bei B. von Cotta[3]). Wir wollen nicht näher auf dieselben eingehen, nur die Auffassung A. G. Werners kurz erwähnen. Nach ihm entstanden die Erzgänge durch die Ausfüllung offener Spalten von oben her mit auf wässerigem Wege gebildeten Niederschlägen oder, wie er sich ausdrückte, „aus einer die Gegend, wo sich die Gangräume befanden, bedeckenden und zugleich die leeren offenen Gangräume ausfüllenden nassen, meist chemischen Auflösung".

Die verschiedenen Theorien der Zeit nach Werner kann man, wie das bereits Frhr. von Herder[4]) getan hatte, in verschiedene Gruppen teilen, die wir im folgenden besprechen wollen.

Von vornherein sei betont, daß es unmöglich ist, alle Gänge nach einer einzigen Theorie erklären zu wollen. Wir werden jedesmal die einzelnen Ganggruppen anführen, für die uns die eine oder die andere Theorie anwendbar erscheint.

a) Kongenerationstheorie.

Die Kongenerationstheorie der Zeit vor Werner, wonach die Gänge gar keine Spaltenausfüllungen sind, sondern zugleich mit dem Nebengestein entstanden, hat nur noch historische Bedeutung. Schon eher diskutabel ist sie mit der Erweiterung, „oder die Gänge sind nachträglich durch Umwandlung veränderte Regionen der Gesteine", wie sie etwa den Anschauungen von J. F. W. Charpentier entspricht. In diesem Sinne könnte man vielleicht manche Zinnerzgänge hierher stellen. Auch die zuweilen gangartigen Erzausscheidungen in Eruptivgesteinen, wie die I, S. 56 abgebildeten Chromiterzschlieren könnte man als durch Kongeneration entstanden bezeichnen.

---

[1]) A. G. Werner. *Neue Theorie von der Entstehung der Gänge.* Freiberg 1791.

[2]) K. A. Kühn. *Handbuch der Geognosie.* II. Bd. S. 666 ff. Freiberg 1834—36.

[3]) B. v. Cotta. *Erzlagerstätten.* I. Bd. 2. Aufl. 1859, S. 175.

[4]) Freiherr von Herder. *Der Tiefe Meißner Erbstolln.* Leipzig 1838.

b) Deszensionstheorie.

Nach der Deszensionstheorie sind die Gänge Ausfüllungen von Spalten, die sich nach unten hin auskeilen. Die Gangfüllung ist von oben her gekommen und ganz unabhängig von der Natur des Nebengesteins. Wie erwähnt, wurde diese Theorie von A. G. Werner ganz allgemein für alle Erzgänge angewandt und mußte natürlich großen Einfluß auf die Ansichten über die Zukunft der bergbaulichen Unternehmungen in Ganggebieten, wie Freiberg, haben, da ja bei einer derartigen Auffassung das Erzvorkommen nur auf die allerobersten Regionen der Erdkruste beschränkt sein mußte. Nur sehr allmählich erst wagte sich der Widerspruch gegen die Theorie eines so einflußreichen Mannes hervor, bis 1840 Fr. von Beust[1]) die Opposition zum Ausdruck brachte und damit die Irrlehre über den Haufen warf. Der letzte Anhänger der Wernerschen Theorie in allgemeinerer Fassung war Ch. Moore[2]), der noch 1869 die Bleierzgänge im Kohlenkalk des Mendip-Distriktes und von Alston in England, in denen er jurassische Petrefakten gefunden haben wollte, auf diese Weise erklärte.

Eigentliche Erzgänge, die wirklich durch Einschwemmung von oben her entstanden sind, dürfte es nur sehr selten geben. Ein Beispiel würden die ihrer Dimension nach unbedeutenden Kupfererztrümer sein, die unterhalb des Eisernen Hutes in den stehenden Kiesstöcken des Huelvagebietes beobachtet werden (siehe unter Huelva). Ihr Material stammt ja aus der Zersetzung der Kiese im Hute selbst und den von hier aus in die Tiefe sickernden Lösungen. Überhaupt sind in den obersten, der Erdoberfläche nahe liegenden Regionen der Lagerstätten Erzausscheidungen im deszensiven Sinne nicht selten. Doch sind das ja rein sekundäre, wiewohl ökonomisch oft recht wichtige Erscheinungen, die wir bereits bei der Schilderung der Hutbildungen kennen lernten. Gewisse gangähnliche Bohnerzschläuche dürften ebenfalls als Bildungen im Sinne dieser Theorie aufgeführt werden können.

Dagegen gibt es tatsächlich viele taube Mineral- und Gesteinsgänge, die mit Recht Deszensionsgänge genannt werden können.

Schon C. G. A. von Weissenbach[3]) führt so entstandene Sandstein- und Kalksteingänge an. Allen Besuchern des Plauenschen Grundes bei Dresden sind die

---

[1]) F. C. v. Beust. *Kritische Beleuchtung der Wernerschen Gangtheorie.* Freiberg 1840.

[2]) Ch. Moore. *Rep. on Mineral Veins in Carboniferous Limestone and their organic contents.* Rep. of Brit. Ass. of the Adv. of Sc., 1869, p. 360ff.

[3]) C. G. A. v. Weissenbach. *Über Gangformationen, vorzugsweise Sachsens.* B. Cottas Gangstudien, I, Freiberg 1847, S. 17.

mit cenomanen Muschelbrekzien erfüllten schmalen Spalten im Syenit bekannt, die von dessen Oberfläche und der Auflagerungsfläche der oberen Kreideformation aus bis gegen 2 m nach abwärts verfolgt werden können. Sie enthalten bestimmbare Petrefakten. Hierher gehören auch die von J. S. Diller und Wh. Cross[1]) beschriebenen Sandsteingänge im Granit in der Gegend des Pike's Peak in Colorado, Ausfüllungen mächtiger Erdbebenspalten wahrscheinlich durch Flugsand, die von A. P. Pawlow[2]) geschilderten oligozänen Sandsteingänge im neocomen Ton von Alatyr in Rußland und endlich die von E. Kalkowsky[3]) aufgefundenen, ebenfalls oligozänen Sandsteingänge im turonen Pläner von Weinböhla in Sachsen. Bei dem letztgenannten Beispiel ist in der Mittellinie des Ganges auch ein wenig Eisenkies abgeschieden worden.

Durch Einpressung erweichten Gesteinsmaterials (Letten, Ton, Sandstein, z. T. Geröll führend) von oben her entstand auch ein Teil der Gesteinsgänge im Hauptsteinkohlenflötz des Plauenschen Grundes bei Dresden, die schon von Weissenbach bekannt waren und die von R. Hausse[4]) genau beschrieben wurden. Wegen ihres Salbandes, das eine häufig zahnartig in die Steinkohle einspringende Profillinie zeigt, heißen sie dort Kämme.

Hier ist endlich auch der Platz, gewisse Erscheinungen an echten Erzgängen zu besprechen, die nur durch die Annahme einer späteren mechanischen Zuführung von Material von oben her erklärt werden können.

Schon Fournet[5]) erwähnt von den Bleierzgängen von Huelgoët in der Bretagne die Einschwemmung alluvialen Materials nach vorheriger Ausstrudelung der Gangfüllung durch Gießbäche.

In der Segen Gottes-Grube zu Zwittermühl im oberen Schwarzwassertal im böhmischen Erzgebirge wurde ein Kobalterzgang abgebaut. 50 m östlich vom Schacht und 140 m unter Tage fand man Ende der 80er Jahre die eigentliche Gangfüllung zwischen den dort 0,6 m voneinander abstehenden festen Salbändern ausgewaschen und auf 6 m Entfernung hin durch Flußgeröll ersetzt, das nach oben hin in sandige Massen überging[6]). Die Gerölle bestehen aus Gangquarz, Phyllitquarzit und Quarzphyllit, wie sie im normalen Schwarzwasserschotter dort vorkommen, so daß an deren Einschwemmung von oben her nach Ausspülung des weichen Eisernen Hutes nicht zu zweifeln ist.

---

[1]) J. S. Diller. *Sandstone dikes.* Bull. of the geol. Soc. of America, Vol. I, 1890, p. 411. — Whitman Cross. *Intrusive sandstone dikes in granite.* Ebendort, Vol. V, 1894, p. 225.

[2]) A. P. Pawlow. *Dikes of oligocene sandstone in the neocomian clays of the district of Alatyr.* Geol. Mag., 1896, Vol. III, p. 49.

[3]) E. Kalkowsky. *Über einen oligoz. Sandsteingang an der Lausitzer Überschiebung bei Weinböhla.* Abh. d. Isis, Dresden 1897, II, S. 80.

[4]) R. Hausse. *Profile durch das Steinkohlenbecken des Plauenschen Grundes.* Leipzig 1892, Erläuterungen S. 97.

[5]) Fournet. *Études sur les dépôts métallifères.* Paris 1834, p. 162.

[6]) Notiz von A. W. Stelzner nach Mitteilungen von E. Treptow.

Auf der Grube Diepenbrock bei Mühlheim an der Ruhr (Selbecker Erzgruben) wurde innerhalb kulmischer Nebengesteine[1]) und Schichten der flötzleeren Oberkarbonstufe ein 0,5—8 m mächtiger, wesentlich aus Zinkblende mit etwas Bleiglanz und Quarz bestehender Erzgang abgebaut, der auf Strecken bis 600 m lang ununterbrochene bauwürdige Gangmittel darbot. Anfang der 80er Jahre fuhr man[2]) in der 30 m-Sohle auf Schacht Dahm eine Geröll- und Sandmasse an, die Flußgeschiebe bis 10 Zentner schwer enthielt, auch Fragmente von Koniferenholz und angeblich einen Mammuthzahn umschloß. Die Gerölle bestehen aus Tonschiefer und Grauwacke, zum Teil aber auch aus blendereicher Gangmasse oder fast reiner Zinkblende. Diese Geröll- und Sandablagerung bildete die 80 m breite Ausfüllung einer quer zum Streichen des dort etwa 1 m mächtigen Ganges verlaufenden Schlucht, von deren Dasein erst der Bergbau Kenntnis gab. Durch Gesenke wies man die Geröllmassen noch 5 m unter der 30 m-Sohle nach (d. i. auch 5 m unter dem Bett der Ruhr), ohne aber nach unten hin das Ende zu erreichen. R. Bärtling ist geneigt, das Vorkommen als lokale Ausstrudelung durch Schmelzwässer des diluvialen Binneneises zu erklären.

c) Lateralsekretionstheorie.

Nach der Lateralsekretionstheorie stammt das mineralische Ausfüllungsmaterial der Erzgangspalten aus dem Nebengestein, woraus es durch eindringende Sickerwässer chemisch ausgezogen worden ist, um alsdann in dem Spaltenraum wieder abgeschieden zu werden. Diese Idee findet sich schon in den Werken von Ch. T. Delius[3]), C. A. Gerhard[4]) und G. S. O. Lasius[5]). Später wurde sie durch G. Bischof[6]) und ganz besonders auch durch J. G. Forchhammer[7]) verfochten. Der erstere führte den Nachweis, daß das chemische Bildungsmaterial der gewöhnlichsten Gangarten im Nebengestein der Gänge zugegen ist, und sprach bereits die Vermutung aus, daß auch Eisen, Mangan und die übrigen Metalle in unseren Erzen aus den Silikaten des Nebengesteins abstammen könnten (a. a. O., S. 720), und daß wohl der Feldspat in den meisten

---

[1]) R. Bärtling. *Über den angeblichen Kohlenkalk der Zeche Neu-Diepenbrock III usw.* Monatsber. D. geol. Ges., Bd. 61, 1909, Nr. 1 und Essener Glückauf 1909, Nr. 6.

[2]) Briefliche Mitteilung von Dir. Rötzel an A. W. Stelzner nebst vielen Belegen.

[3]) Ch. T. Delius. *Von dem Ursprung der Gebirge und der darinnen befindl. Erzadern.* Leipzig 1770.

[4]) C. A. Gerhard. *Beiträge zur Chemie und Geschichte des Mineralreiches.* Berlin 1773—76.

[5]) G. S. O. Lasius. *Beobachtungen über die Harzgebirge.* Hannover 1789—90.

[6]) G. Bischof. *Lehrbuch der chemischen und phys. Geologie.* 2. Aufl., 1863 bis 71, III. Bd., S. 665 usw.

[7]) J. G. Forchhammer. *Über den Einfluß des Kochsalzes auf die Bildung der Mineralien.* Poggendorfs Ann., 1855, Nr. 5, S. 60.

Fällen der eigentliche Erzträger gewesen sei. Forchhammer fand in vielen Gesteinen außer Eisen und Mangan auch etwas Zink, Nickel, Kobalt, Wismut, Blei, Kupfer, Silber und Gold und schrieb namentlich dem Chlornatrium diesen Metallen gegenüber eine lösende Wirkung zu. Die Theorie wurde ferner auch von L. Dieulafait unterstützt, der die weite Verbreitung von Baryum und Strontium in allen kristallinen Gesteinen nachwies[1]), auch die Gegenwart sehr geringer Mengen von Kupfer, Zink und Mangan in vielen Gesteinen von neuem analytisch feststellte[2]).

Auch W. Wallace[3]) erklärte die Entstehung der Erzgänge von Alston Moor aus der Zersetzung und Auslaugung des bleihaltigen Kohlenkalksteins durch atmosphärische Wässer.

Endlich nahm F. von Sandberger[4]) diese Theorie auf und wandte sie auf alle möglichen Erzvorkommnisse an, auf Grund zahlreicher, von ihm selbst ausgeführter oder gesammelter Gesteinsanalysen. So führte er die Schwerspatführung vieler Gangspalten zurück auf den Baryumgehalt der granitischen und anderen Orthoklase, der schon A. Breithaupt bekannt war. Die Nickelerze der im serpentinisierten Paläopikrit von Nanzenbach aufsetzenden Gangspalten leitete er ab vom Nickelgehalt des Olivins im frischen Gestein. Die Schwermetalle der Erzgänge im Gneisgebirge des Spessart und dem des Schwarzwaldes rühren nach ihm aus dem dunklen Glimmer dieses Nebengesteins her, und der verschiedene Metallgehalt dieser Glimmer spiegelt sich auch im Charakter der Erze dieser beiden Ganggebiete wieder.

Und in der Tat scheint die Anwendung der Lateralsekretionstheorie für viele Vorkommnisse von Erzgängen zulässig, wenn sie auch durchaus nicht in der Weise verallgemeinert werden darf, wie es F. von Sandberger wollte.

Beispiele von Erzgängen, die nach unserer Ansicht wirklich durch Lateralsekretion gebildet sind, sind folgende:

[1]) L. Dieulafait. *Existence de baryte et de la strontiane dans toutes les roches primordiaires etc. Filons métallifères à gangue de baryte.* Comptes Rendues, Paris, 87. Bd., S. 934.

[2]) L. Dieulafait. Compt. R., 89. Bd., S. 453. 96. Bd., S. 70. 98. Bd., S. 568, 634.

[3]) W. Wallace. *The Laws, which regulate the disposition of Lead Ore in Veins illustrated by the mining districts of Alston Moor.* London 1861.

[4]) F. v. Sandberger. *Zur Theorie der Bildung der Erzgänge.* B. u. H. Z., 1877, Nr. 44 u. f. — Derselbe. *Über die Bildung von Erzgängen mittels Auslaugung des Nebengesteines.* Z. d. D. G. G., 1880, S. 350 usw.

Auf Klüften des Quadersandsteines der Sächsischen Schweiz findet man überaus häufig dünne Platten von manganhaltigem Brauneisenstein, der auch den angrenzenden Quarzsandstein als ein Zement verkittet. Manchmal haben sich sogar eigentliche Gangtrümer gebildet, auch in früherer Zeit sehr unbedeutende Bergbauversuche veranlaßt. Da Magnetit und andere Eisenerze in kleinen Partikeln, wie in den meisten Sanden, so auch in diesem Sandstein nachgewiesen werden können, ist eine Lateralsekretion und nachherige Abscheidung auf den Klufträumen sehr naheliegend. Oft hat übrigens auch eine Konzentration des Eisengehaltes in Knollenform inmitten des Gesteins stattgefunden.

Sehr gewöhnlich sind Eisenerzgänge dieser Entstehung auch innerhalb eisenreicher Diabastuffe, wie z. B. im Lahntal.

Ebenso scheinen die Manganerzgänge im Hornblendeporphyrit von Ilfeld am Harz entstanden zu sein. Schon der Umstand, daß sie gewöhnlich bereits in 12 m Teufe rasch verarmen, spricht für ihre Abhängigkeit von der Tätigkeit atmosphärischer Sickerwässer (s. I. S. 269).

Auch für die Entstehung der Gänge, Trümer und Nester von Garnierit und anderen hydrosilikatischen Nickelerzen innerhalb von Serpentinen scheint die Lateralsekretionstheorie mit vollem Rechte anwendbar zu sein. Der Olivin des Olivinfelses von Riddles in Oregon z. B. enthält, wie bereits I. S. 516 erwähnt, 0,26 % NiO, auch der Bronzit desselben Gesteines 0,05 % NiO. Bei der Serpentinisierung der Olivingesteine der Gegend von Numéa auf Neu-Kaledonien pflegen sich neben den Nickel-Hydrosilikaten auch zugleich kobalthaltige Manganverbindungen, Asbolan u. a. abzuscheiden und zwar räumlich getrennt von jenen.

Auch für andere Formen epigenetischer Lagerstätten erscheint diese Theorie anwendbar. Wir werden darauf bei Besprechung der Eisenerze des Marquette-Distriktes am Obern See hinweisen.

Wie bei den besprochenen Fällen das Eisen, das Mangan und Nickel mit Recht aus der Zersetzung und Auslaugung des Nebengesteins ableitbar waren, so ist es nach F. Sandberger[1]) auch eine große Zahl noch anderer Metalle. Besonders im Glimmer des kristallinen Nebengesteins vieler Erzgänge sah er den eigentlichen Ursitz der Schwermetalle innerhalb der Spalten.

Nach der Rammelsbergschen Schreibweise lautet die Glimmerformel wie folgt:

---

[1]) Übersichtlich zusammengefaßt durch Carthaus. Sandbergers Erzgangtheorie. Z. f. pr. G., 1896, S. 108 ff., dem wir hier folgen.

$$m \overset{I}{R}_4SiO_4, \quad n \overset{II}{R}_2SiO_4, \quad v \cdot (\overset{VI}{R}_2)_2Si_3O_{12}.$$

Darin kann sein:

$\overset{I}{R}$ = K, Na, nach F. Sandberger auch
Li, Ag, H und F;

$\overset{II}{R}$ = Mg, Fe, nach F. Sandberger zuweilen auch
Ca, Ba, Mn, Ni, Co, Cu, Pb, Zn;

$\overset{VI}{R}$ = (Al_2), in seltenen Fällen auch (Cr_2),

SiO_2 wird außerdem zuweilen vertreten durch TiO_2 und SnO_2.

Die in manchen Glimmern von F. Sandberger aufgefundenen winzigen Mengen von As und Sb scheinen nach ihm in Form von Säuren zugegen zu sein.

In ganz ähnlicher Weise hat man sich nach demselben Autor den Gehalt an Schwermetallen bei Augiten und Hornblenden zu denken, die namentlich Pb, Cu, Zn häufig und ziemlich reichlich führen sollen.

Die Lösung und Auslaugung dieser Metallverbindungen denkt sich Sandberger durch Sickerwasser, welches Kohlensäure, Alkalien, sowie auch Schwefelwasserstoff enthält, von oben her bewirkt. H_2S wird ja von manchen atmosphärischen Wässern durch ihre Berührung mit verwesenden organischen Substanzen aufgenommen. Es entstehen zunächst lösliche Schwefelalkaliverbindungen. Diese vermögen die Verbindungen von Sn, As und Sb zu lösen, andererseits aber aus den Lösungen von Fe, Pb, Zn, Cu, Ag die Metalle als Schwefelmetalle auszufällen. Die Wirkungen von CO_2 und H_2S finden oft unter Gegenwart des ebenfalls durch Zersetzung organischer Substanzen entstandenen NH_4 und der aus der Verwitterung von Kieseinschlüssen im Nebengestein herrührenden H_2SO_4, sowie endlich auch zusammen mit organischen Säuren, Basen und Salzen statt.

In ähnlicher Weise erklärt sich nach Sandberger auch der Absatz der Gangarten.

Quarz resultiert aus der SiO_2 der zersetzten Silikate, Baryt aus dem Baryumgehalt[1]) der Feldspäte, Kalzit aus dem Kalziumgehalt der Feldspäte, Augite, Hornblenden usw., Dolomit aus der Magnesia in Glimmern, Hornblenden und Augiten, Flußspat aus dem F der Glimmer und Hornblenden. Durch Einwirkung von H_2SO_4 geht zunächst Fluoralkali in Lösung und wird bei Berührung mit $CaCO_3$ zu CaF_2.

---

[1]) Siehe auch R. Delkeskamp. *Die weite Verbreit. d. Baryums usw.* Z. f. pr. G., 1902, April.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß die aus der lateralen Sekretion entstammenden mineralischen Gehalte der Sickerwässer oberhalb des Grundwasserspiegels einen bedeutenden Einfluß auf die sekundären Erzkonzentrationen in den Hutbildungen haben (siehe später unter „Zementationszonen"), wie das neuerdings wieder sehr eingehend von Van Hise[1]) ausgeführt worden ist. Auch ist es wohl möglich, daß diese Ideen auf gewisse primäre Gangvorkommnisse anwendbar sind, für die große Mehrzahl der Erzgänge aber, wie zuerst A. W. Stelzner[2]) überzeugend nachgewiesen hat, müssen sie als eine Irrlehre bezeichnet werden. Der Irrtum konnte zustande kommen infolge der Anwendung falscher Methoden von seiten F. Sandbergers bei der Prüfung des Nebengesteins auf einen primären Gehalt an Schwermetallen und infolge der Nichtberücksichtigung der längs Gangspalten, wie geschildert, allgemein herrschenden sekundären Imprägnationserscheinungen, wobei die für die Gänge charakteristischen Metalle weit ins Nebengestein hinein wandern können.

A. W. Stelzner hat seinen Beweis an zwei allgemein bekannten Ganggebieten durchgeführt, an dem von Přibram und an dem von Freiberg.

Für Přibram hatte F. Sandberger den Ursprung des Metallgehaltes der Erzgänge in den Diabasen gesucht, die jene begleiten (siehe I. S. 368). Wenn aber nun auch tatsächlich die Analysen einen Gehalt an Blei und Silber in dem Diabas ergaben, so rührt dieser lediglich von mechanisch beigemengten, von den Erzgängen in das Nebengestein eingewanderten Erzpartikeln her. F. Sandberger hatte geglaubt, wenn er das Gestein mit Flußsäure aufschlösse, zersetze er zwar alle Silikate, aber nicht solche sekundäre Erzpartikel mit, und wenn er daher in den so erhaltenen Lösungen Blei und Silber nachweise, so müßten diese gefundenen Gehalte chemisch an die mit Flußsäure zerstörten Silikate gebunden gewesen sein. F. Kolbeck und A. Schertel in Freiberg wiesen das Irrige dieser Meinung nach und zeigten, daß Flußsäure auch Bleiglanz und andere sulfidische Erze zersetzt. Damit war dann Sandbergers angeblicher Nachweis ursprünglicher Metallgehalte im Diabas hinfällig geworden.

Für Freiberg wählte Stelzner[3]) eine andere Methode der Untersuchung. Mit außerordentlicher Mühe und Sorgfalt zerlegte er typische Biotitgneise, wie sie hier das Nebengestein bilden, mit Hilfe der Thouletschen und Kleinschen Lösung in sämtliche einzelnen Gemengteile und stellte von einem jeden so viel ganz reine Substanz her, daß von geübten Analytikern Analysen davon gemacht werden konnten. Da die Gesteinsproben von ganz frischem Material und abseits von den Zersetzungszonen neben den Erzgängen entnommen waren, mußten diese Analysen eine sichere positive Auskunft geben, ob in den Silikaten des Gneises die für die Freiberger

---

[1]) C. R. Van Hise. *Some Principles Controlling the Deposition of Ores.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., Febr. 1900, p. 73 usw.

[2]) A. W. Stelzner. *Die Lateralsekretionstheorie und ihre Bedeutung für das Přibamer Ganggebiet.* B. u. H. Jahrb. d. k. k. Bergak., XXXVII. Bd., 1889.

[3]) A. W. Stelzner. *Beiträge zur Entstehung der Freiberger Bleierz- und der erzgebirgischen Zinnerzgänge.* Z. f. pr. G., 1896, S. 377—412.

Gänge charakteristischen Schwermetalle enthalten seien. Wohl selten wieder sind so äußerst genaue Sonderungen an irgendwelchen komplizierter zusammengesetzten Gesteinen vorgenommen worden. Da aber auch bei dieser außerordentlichen Sorgfalt die erhaltenen Glimmer immer noch sulfidische Erzpartikel eingeschlossen enthielten, wurde den Analytikern die Aufgabe von Stelzner in der Form gestellt: „Es soll geprüft werden, ob Glimmer, in den möglicherweise kleine Mengen von Schwefelmetallen eingewachsen sind, auch in seiner eigenen Masse, d. h. als ursprüngliche chemische Bestandteile (Silikate), Metalle enthält.“ Demzufolge wurden die Glimmer vor der Analyse fein zerrieben, mit Brom extrahiert und so die Kiesanteile vorher ausgelaugt.

Es wurden u. a. hierbei durch H. Schulze folgende Resultate erhalten:

	Brauner Glimmer aus		
	Ludwigschachter Gneis	Himmelsfürster Gneis	Wegefahrter Gneis
SiO_2	33,09 Proz.	34,28 Proz.	34,38 Proz.
TiO_2	3,05 „	4,04 „	1,88 „
Al_2O_3	20,03 „	15,58 „	22,41 „
Fe_2O_3	2,85 „	15,67 „	12,66 „
FeO	17,94 „	10,01 „	8,10 „
MnO	0,26 „	0,42 „	Spur
MgO	8,70 „	9,52 „	9,48 „
CaO	0,94 „	0,88 „	0,72 „
K_2O	8,88 „	5,58 „	7,13 „
Na_2O	0,48 „	0,42 „	1,56 „
Li_2O	Spur	—	—
H_2O	3,75 „	2,75 „	2,02 „
F	—	—	—
Unlöslicher Rückstand	—	0,26 „	—
Summa	99,97 Proz.	99,41 Proz.	100,34 Proz.
Schwermetalle nach Schulze	Ni, Co, Cu, Zn	Ni, Co, Cu	Ni, Co
Schwermetalle nach Sandberger	Ag, As, Pb, Zn, Co, Ni, Cu	Ag, As, Pb, Zn, Co, Ni, Cu, Sn	Ag, As, Pb, Zn Co, Ni, Cu, Sb

Die Untersuchung der Feldspäte der Freiberger Gneise ergab einen im Sinne einer Lateralsekretionstheorie zu verwertenden Gehalt von BaO und von SnO_2.

Es enthielt z. B. nach H. Schulze der Orthoklas aus dem Ludwigschachter Gneis:

SiO_2	65,18 Proz.
Al_2O_3	18,44 „
Fe_2O_3	0,15 „
BaO	0,08 „
CaO	1,05 „
MgO	0,08 „
K_2O	13,33 „
Na_2O	1,64 „
SnO_2	0,03 „

der Oligoklas desselben Gesteines indessen:

BaO	0,03 Proz.
SnO_2	0,08 „

Endlich fanden sich noch Schwermetalle in dem in sehr geringer Menge dem Gneise beigemengten Magnetkies. 715 g Wegefahrter Gneis enthielten nach A. W. Stelzner 4,65 g Magnetkies, und dieser ergab nach einer Analyse von H. Schulze:

Ni . . . . . . 0,61 Proz.
Co . . . . . . 0,12 „

A. W. Stelzner konnte aus den angeführten und vielen anderen ähnlichen Resultaten seiner Untersuchungen zeigen, daß die Lateralsekretionstheorie für die Freiberger Erzgänge ganz und gar nicht zu Recht besteht, wenigstens was die Erze betrifft. Wurden doch die für Freiberg am meisten charakteristischen Metalle, Blei und Silber, überhaupt nicht in den Silikaten des Nebengesteins nachgewiesen, nicht einmal in Spuren. Das Verhältnis des im Magnetkies gefundenen Nickel- und Kobaltgehaltes gegenüber diesem absoluten Fehlbetrag des Bleies und Silbers ist darum ein ganz und gar anderes, als es innerhalb der Freiberger Erzgänge zwischen diesen beiderseitigen Erzen besteht. Hier nämlich würden, wenn die Ausweise über die von den Gruben gelieferten Metalle zugrunde gelegt werden, nach Stelzner etwa kommen auf

1 Nickel: 731 Silber, 85679 Blei, 2198 Kupfer, 3259 Zink, 43605 Schwefel, 5839 Arsen.

Wäre also die Sandbergersche Theorie richtig, so müßten diese anderen Metalle gegenüber dem Nickel auch in den Gemengteilen des Gneises in entsprechend so viel größerer Menge vorhanden sein.

Bei dieser Sachlage muß es auch sehr unwahrscheinlich erscheinen, daß der BaO-Gehalt der Feldspäte des Gneises für die Herausbildung des Baryts in den Gangspalten den Ausgangspunkt gebildet hat, und daß die auf den Freiberger Gängen vorkommenden Karbonate aus dem Nebengestein stammen.

In neuester Zeit sind auch die Golderzgänge Australiens und Neu-Seelands daraufhin geprüft worden, ob etwa ihre Entstehung mit Hilfe der Lateralsekretionstheorie erklärt werden könnte, und zwar ebenfalls mit negativem Resultat. Diese sehr wichtige Untersuchung wurde von J. R. Don[1]) durchgeführt. Dieser prüfte über 400 Proben von Nebengesteinen aus verschiedenen Teufen und aus verschiedenen Entfernungen von den Gängen auf Gold, Silber und Sulfide unter Anwendung der sichersten und feinsten Methoden. Das Gold speziell bestimmte er auf trockenem Wege unter Anwendung von meist über 2 kg Gesteinsmaterial durch Ansieden mit besonders gereinigtem Blei.

Nirgends vermochte er in solchen Gesteinen, die frei von Pyrit und anderen Sulfiden waren, Gold nachzuweisen und in tieferen Zonen, wo sowohl die Gänge als auch das Nebengestein noch unzersetzt waren, enthielten die in den Gesteinen enthaltenen Sulfide durchaus nicht immer Gold. Der Goldgehalt stellt sich vielmehr gewöhnlich erst in großer Nähe der Gänge ein, sodaß eine Einwanderung der goldführenden Sulfide von den Gangspalten aus nicht von der Hand zu weisen ist.

[1]) J. R. Don. *The Genesis of Certain Auriferous Lodes.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., 27. Bd., 1898, p. 564—668.

Etwas anders lagen die Verhältnisse in der „vadosen Region" im Sinne Pošepnys, also über dem Grundwasserspiegel. Hier beschränkt sich der Goldgehalt der Nebengesteine nicht bloß auf die Gangnähe, sondern ist noch viel weiter abseits verbreitet und zugleich viel bedeutender. Don erklärt dies daraus, daß bei der mit der fortschreitenden Denudation immer sich erneuernden Eisernen Hut-Bildung viel Gold in Lösung geht, um in den zersetzten Nebengesteinen dieser oberen Teufen von neuem abgesetzt zu werden.

Als Hauptlösungsmittel betrachtet Don hierbei das Chlor. Dieses entsteht nach ihm wie folgt. Die bei der Oxydation von Sulfiden frei gewordene H_2SO_4 bildet mit Chloriden HCl, und aus dieser entwickelt sich mit den im Eisernen Hut so häufigen höheren Manganoxyden das Chlor. Freie HCl ließ sich in den meisten frischen Grubenwässern nachweisen. Für den Wiederabsatz von Gold spricht dessen Gegenwart auch in den inneren Teilen alter Grubenhölzer.

Ein Haupthindernis für eine allgemeinere Anwendung der Lateralsekretionstheorie ist namentlich auch die Beobachtung, daß in ein und demselben Gestein Gänge von ganz verschiedenem mineralogischem und chemischem Charakter aufsetzen können, wie z. B. im einförmigen Freiberger Gneisgebiet Gänge von recht abweichendem Typus nebeneinander gefunden werden. Umgekehrt setzen auch ein und dieselben Gänge durch ganz verschiedene Gesteinskörper hindurch, ohne zugleich eine wesentliche Änderung in der chemischen Natur ihrer Füllung zu erfahren, oder wenigstens dieselben Gangtypen kehren in ganz verschiedenen Gesteinen wieder. So ist zu Freiberg das Nebengestein der kiesigblendigen Bleierzgänge der Gneis, bei Svenningdal[1]) in Norwegen Kalkstein mit Glimmerhornblendeschiefer und Granit.

Ebensowenig vermag die Lateralsekretionstheorie, wie A.W. Stelzner treffend bemerkt hat, die ganz bestimmte zeitliche Reihenfolge, in welcher sich häufig die Gangarten und Erze in den Spaltenräumen angesiedelt haben, genügend zu erklären, da ja die fortschreitende seitliche Auslaugung des Nebengesteins von Rechts wegen immer gleiche Lösungen den Klüften zuführen müßte.

Eine Verallgemeinerung dieser Theorie ist darum entschieden abzulehnen.

---

[1]) J. H. L. Vogt. *Silbererz-Gangfeld von Svenningdal.* Z. f. pr. G., 1902, S. 8.

d) Die Aszensionstheorien.

Die Aszensionstheorien lassen das Material zur Ausfüllung der Spalten und Imprägnation des Gesteins aus der unbekannten Tiefe aufsteigen und zwar in verschiedener Weise:

1. im feurigflüssigen Zustande, als Injektionstheorie;
2. in Form von Gasen und Dämpfen, als Sublimationstheorie;
3. in mehr oder minder heißem Wasser, das zugleich Gase enthält, gelöst, als Thermaltheorie.

1. Die Injektionstheorie.

Die merkwürdigen Vorstellungen von A. Petzholdt[1]) und von J. Fournet[2]), wonach die Erzgänge durch Einspritzung eines aus dem tiefsten Erdinnern kommenden metallreichen Schmelzflusses aufzufassen wären, haben jetzt nur noch historisches Interesse.

Einen dieser Idee analogen, künstlich, wenn auch unabsichtlich, hervorgerufenen Vorgang wollte B. von Cotta[3]) in den kleinen Gängen von Schwefelmetallen in den Mauerfugen eines alten Flammofens der Muldner Hütten bei Freiberg sehen. Diese künstlichen Gänge durchsetzten zum Teil auch die aus Gneis bestehende Bruchsteinmauerung und hatten namentlich Bleiglanz zur Füllung. Dieser Gneis war außerdem mit anscheinend völlig insularen Erzpartikeln seitlich imprägniert. Mit Recht hat wohl Plattner, der die interessanten Kunstprodukte ebenfalls untersuchte, bei ihrer Entstehung an Stelle der Sublimation der schmelzflüssigen Injektion die Hauptrolle zugewiesen.

Wie weiter unten gezeigt werden wird, ist neuerdings die alte Injektionstheorie wieder von neuem aufgetaucht, indem sie durch Weinschenk auf die Kieslagerstätte von Bodenmais angewandt wurde.

Auch hat man die Kieslagerstätten vom Typus Röros und Sulitelma auf diesem Wege zu erklären versucht (siehe unter Sulitelma).

Etwas anderes ist es mit der Anschauung, daß gewisse Erzgangtypen genetisch zu den Pegmatiten oder auch Apliten enge Beziehungen haben. Ein erzführender Aplitgang würde ja in der Tat der Injektionstheorie genügen, die erzführenden Pegmatite schon nicht mehr im vollen Sinne. Wir haben über diese Beziehungen wiederholt gesprochen, so z. B. I. S. 272, S. 319, S. 427 u. a. O. in diesem Werke. Neuerdings

---

[1]) A. Petzholdt. *Erdkunde.* Leipzig 1840.

[2]) J. Fournet. *Vereinfachung der Lehre von den Gängen.* Freiberg 1846. Übers. aus dem Franz. durch H. Müller.

[3]) B. v. Cotta. *Über Erzgänge in einer Flammofensohle.* Gangstudien, II, Freiberg 1854, S. 1—19.

hat auch O. Stutzer[1]) auf den genetischen Zusammenhang zwischen rein magmatischen, pneumatolytisch-hydatogenen und rein hydatogenen Erzgängen hingewiesen.

2. Die Sublimationstheorie.

Daß gewisse Erzvorkommen durch Sublimation entstehen können, unterliegt keinem Zweifel. Wir erinnern an die völlig beglaubigte Entstehung von Eisenglanz auf Laven rezenten Alters und in Kratern tätiger Vulkane, oft innerhalb von Spalten. Der Vorgang verläuft nach folgendem chemischen Schema:

$2\,FeCl_3 + 3\,H_2O$, beide in Dampfform,

geben $Fe_2O_3 + 6\,HCl$.

Nach Bunsen bezeichnet man diese Art der Entstehung von Mineralien durch Reaktionen verschiedener Gase und Dämpfe aufeinander als Pneumatolyse.

Auch während der Röst- und Schmelzprozesse unserer Metallhütten bilden sich mitunter Sublimationsprodukte mit den Eigenschaften natürlicher Erze, wie z. B. künstlicher Bleiglanz, Zinkblende, Realgar usw. Noch eine ganze Reihe anderer Erze lassen sich endlich auf experimentellem Wege unter Luftabschluß usw. sublimativ darstellen.

Ein Hauptvertreter der Sublimationstheorie für Erzgänge im allgemeinen Sinne war namentlich Durocher[2]). Er meinte, daß man die Ungleichheit in der Verteilung der Erze auf den Gängen am besten durch Annahme ihres Absatzes aus Gasströmen erklären könne. Er suchte diese Theorie auch experimentell zu stützen, indem er metallische Dämpfe durch erhitzte Glasröhren streichen ließ und so Absätze verschiedener sulfidischer Erze erzeugte.

Im engeren Sinne, nämlich nur auf die Gänge der Zinnerzformation, wurde die Sublimationstheorie schon etwas früher von A. Daubrée[3]) angewandt und zählt auf diesem beschränkten Gebiete noch heute viele Anhänger. Daubrée wies auf die Beständigkeit der Verbindung Fluorzinn bei hohen Temperaturen hin und nahm an, daß das Zinn in dieser Verbindung während oder unmittelbar nach den

---

[1]) O. Stutzer. *Stammbaum der Erzlagerstätten.* Österr. Zeitschr. f. B. u. H. LV, 1907, S. 317—320. — Derselbe. *Über Pegmatite und Erzinjektionen usw.* Z. f. pr. G. 1909, S. 130—135.

[2]) Durocher. *Production artificielle, par voie sèche, des principaux minéraux contenus dans les gîtes métallifères.* Comptes Rendues XXXII, 1851, p. 823 und XLII, 1856, p. 850.

[3]) A. Daubrée. *Mém. sur le gisement, la constitution et l'origine des amas de minerai d'étain.* Ann. des Mines, 3. sér., t. XX, 1841, p. 65.

Graniteruptionen aus der Tiefe der granitischen Magmaherde aufgestiegen sei, und zwar zugleich mit Bor- und Fluorverbindungen, wie z. B. Fluorsilicium, sowie gasförmigen Chlor- und Phosphorverbindungen. Er stützte diese Hypothese auf die starke Beteiligung von Fluor, Bor, Chlor und Phosphor an der Zusammensetzung der für die Zinnerzformation (I. S. 272) charakteristischen Gangarten. Inzwischen ist übrigens im Zinnerzgebiet von Alaska (I. S. 307) auch noch ein Borzinnmineral, der Paigeit, nachgewiesen worden[1]. Schon Daubrée stellte experimentell Zinnstein aus flüchtigen Verbindungen dar. Allerdings benutzte er hierzu nicht das Fluorzinn, wohl aber das ganz analoge Zinnchlorid. In einer zur Weißglut erhitzten Porzellanröhre, durch die er Dämpfe von Zinnchlorid und Wasser streichen ließ, erhielt er tatsächlich Chlorwasserstoff und kleine Kriställchen von Zinnstein. Der Vorgang verläuft nach der Formel:

$$SnCl_4 + 2\,H_2O = 4\,HCl + SnO_2.$$

Ganz analog ist dann zu denken:

$$SnF_4 + 2\,H_2O = 4\,HF + SnO_2.$$

Ebenso ergab das analoge Experiment:

$$TiCl_4 + 2\,H_2O = 4\,HCl + TiO_2.$$

Dieses letzte veranlaßte A. Daubrée auch die Gänge mit Titanmineralien, wie sie z. B. in der Dauphinée verbreitet sind, auf pneumatolytische Weise zu erklären.

Diese Ideen erhalten eine Stütze durch den Nachweis entsprechender Metallverbindungen in den Fumarolen heutiger Vulkane. So sind nach A. Bergeat von A. Cossa in den Absätzen der Fumarolen der Insel Vulcano fast alle für die Zinnerzformation bezeichnenden Elemente nachgewiesen worden: neben Bor und Fluor auch Lithium, Zinn, Wismut, Kupfer, Phosphor und Arsen[2].

Daß in der Natur übrigens ein Absatz von Zinnoxyd auch auf rein wässerigem Wege und sogar bei gewöhnlicher Temperatur und bei normalem Atmosphärendruck möglich ist, wird bewiesen durch das Vorkommen von Fragmenten von Hirschgeweihen in den Cornwaller Zinnerzseifen, Fragmenten, deren organische Substanz nach J. H. Collins[3])

---

[1]) A. Knopf. U. S. Geol. Surv. Bull. 358, p. 23, 1908.

[2]) A. Bergeat. *Die äolischen Inseln.* Abh. Akad. München. XX, 1899, S. 193. — Eine gute Übersicht über die bekannten Emanationen magmatischer Herkunft gab F. Ch. Lincoln in seiner Arbeit *Magmatic Emanations.* Econ. Geol. Vol. II, 1907, p. 258—273.

[3]) J. H. Collins. *Cornish Tin-Stones and Tin-Capels.* Mineralog. Magaz., IV, 1882, p. 115.

sich durch Zinnoxyd teilweise ersetzt erwies. Auch den Nachweis von Zinnoxyd in manchen Mineralwässern, besonders auch in der warmen Quelle Ajer Panas in Sĕlangor auf Malaka darf herangezogen werden. Der Kieselsinter dieser Therme enthält nach St. Meunier folgende Substanzen:

Kieselsäure	91,8 %
Wasser	7,5 „
Zinnoxyd	0,5 „
Eisenoxyd	0,2 „

Dessenungeachtet sprechen alle Erscheinungen, die wir an den Granitstöcken kennen lernten, sehr für die Daubréesche Annahme gas- und dampfförmiger metallhaltiger Exhalationen während und unmittelbar nach der Intrusion des granitischen Magmas. Nur darf man sicher nicht glauben, daß es allein Dämpfe gewesen sind, denen die Mineralien der Zinnerzgänge ihre Entstehung verdanken, sondern vielmehr eine Mischung von heißen Lösungen und Dämpfen. Wir meinen sogar, daß die ersteren weit überwogen haben müssen. Die Ausfüllung so mächtiger Zinnerzgänge, wie z. B. die von Zinnwald I. S. 281 geschilderten, mit ihren Drusenräumen, in die bis 30 cm lange Quarzkristalle hineinragen, deutet sicher darauf hin, daß hier eine Abscheidung aus Lösungen stattgefunden haben muß. Die zahlreichen Flüssigkeitseinschlüsse in den Topasen, Turmalinen, Quarzen usw. der Zinnerzgänge sind auch am ungezwungensten bei dieser Annahme zu erklären.

An anderem Orte[1]) haben wir nachgewiesen, daß noch nach Entstehung der Zinnerz haltenden Imprägnationsklüfte in der Peripherie des Granitstockes von Zinnwald Nachschübe von granitischem Magma erfolgt sind, wie die jene Zwittertrümer durchschneidenden kleinen Gänge von feinkörnigem, glimmerarmem Granit im Teplitzer Quarzporphyr beweisen. Auch diese Beobachtung spricht sehr dafür, daß die Entstehung der Gänge der Zinnerzformation eine unmittelbare Begleiterscheinung der Granitintrusion gewesen ist, und sonach der Annahme von dampfförmigen Exhalationen neben überhitzten Schwitzwässern des noch heißen Magmas nichts im Wege steht.

In früherer Zeit war die Sublimationstheorie auch für die Quecksilbererzlagerstätten sehr beliebt, für welche sie wohl zuerst von G. S. O. Lasius[2]) ausgesprochen worden war. Seit den Erfahrungen an den kalifornischen Quecksilbererzlagerstätten (s. I. S. 533) ist sie für diese Gruppe von Gängen wohl allseitig aufgegeben worden.

[1]) R. Beck. *Einige Beob. im Gebiete der Altenberg-Zinnwalder Zinnerzlagerstätten.* Z. f. pr. G., 1896, S. 148.

[2]) G. S. O. Lasius. *Tagebuch einer Reise in die Gegend der Pfälzischen Quecksilberberge. in Born-Trebra.* Bergbaukunde. II, 1790, S. 353.

Früher dachte man auch bei der Entstehung gewisser Golderzgänge an Sublimationen. Das Vorkommen von gediegen Arsen, z. B. an der Unterseite von quer zum Salband gestellten Kristallen von Manganspat auf Golderzgängen von Nagyág, glaubte man nur durch die Sublimationstheorie erklären zu können. Noch F. von Richthofen[1]) nahm damals an, daß die Golderzgänge im Propylit Ungarns und Nordamerikas auf sublimativem Wege während einer Art von Solfatarentätigkeit der dortigen Eruptivherde gebildet seien. Auch auf diesem Gebiete sprechen die beobachteten Erscheinungen mehr für die Thermaltheorie, zu der wir uns nun zu wenden haben.

3. Thermaltheorie.

Der Hauptsitz der Anschauung, daß die Erzgänge wesentlich durch Absätze aus aufsteigenden Thermalwässern erzeugt worden seien, der Infiltrationstheorie, wie man sie früher meist nannte, der Thermaltheorie, wie sie jetzt allgemein treffender bezeichnet wird, ist Freiberg gewesen. Durch die zahlreichen Arbeiten von F. C. von Beust, H. Müller, Th. Scheerer, B. von Cotta und A. W. Stelzner wissenschaftlich fest begründet, ist sie durch die zahlreichen Schüler der beiden letztgenannten in alle Welt hinaus getragen worden. Ihre Ausgangspunkte allerdings sind in Frankreich zu suchen. E. de Beaumont[2]) hat zum ersten Male die Erzgangbildung mit ausführlicherer Begründung in Zusammenhang mit dem überhitzten Erdinneren gebracht. Die Gänge verdanken nach ihm ihre Entstehung vulkanischen Emanationen und zwar heißflüssigen Injektionen, dampfförmigen Sublimationen und wässerigen Infiltrationen. Von jener Zeit ab sind diese Anschauungen in Frankreich die herrschenden geblieben und bestimmen u. a. den Grundton in den großen, für die Geschichte der Erzgeologie so einflußreichen Werken von A. Daubrée „Les eaux souterraines aux époques anciennes" (1887) und von E. Fuchs und L. de Launay „Traité des Gîtes Minéraux et Métallifères" (1893). Auch Th. Kjerulf und die von ihm beeinflußte skandinavische Geologenschule haben die Thermaltheorie mächtig gefördert. Ihren prägnantesten Ausdruck hat sie aber ohne Zweifel gefunden in dem überaus anregenden Werke F. Pošepnys[3]) „Über die Genesis der Erzlagerstätten", das zuerst in

[1]) F. v. Richthofen. *Studien an den ungarisch-siebenbürgischen Trachytgebirgen.* Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst., 1860, S. 275.

[2]) E. de Beaumont. *Über die vulkanischen und metallischen Emanationen oder Ausströmungen,* übers. in B. v. Cottas Gangstudien I, Freiberg 1850, S. 329—436, aus dem Bull. de la Soc. Géol. de France, 2. Ser., t. IV, p. 1249 etc.

[3]) F. Pošepny. *On the Genesis of Ore-Deposits.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., Chicago Meeting 1893, Bd. XIII, p. 587 etc. Neu herausgegeben und mit anderen wichtigen Arbeiten über denselben Gegenstand zu einem Bande vereint als Second Edition New York City 1902. Publ. by the Inst.

englischer Sprache 1893 erschien. In Nordamerika war für die in Pošepnys „Genesis" bis zu den äußersten Konsequenzen durchgeführte Thermaltheorie der Boden schon vorbereitet gewesen, denn schon früher hatten sich dort J. S. Newberry[1]) und andere bedeutende Erzgeologen als ihre Anhänger bekannt.

Den eigentlichen Sieg, das kann man wohl sagen, hat sie erst davongetragen, seit A. W. Stelzner der Lateralsekretionstheorie in der Sandbergerschen Fassung jene vernichtende Niederlage beigebracht hatte. Stelzner schloß seinen letzten posthumen Aufsatz in diesem wissenschaftlichen Streit mit folgenden Worten:

„Nach alledem finden die tatsächlich beobachtbaren Verhältnisse eine befriedigende Erklärung, wenn wir annehmen, daß die Lösungen, welche die Spalten ausfüllten, nicht Tagewässer, sondern Quellwässer waren, daß sie an verschiedenen Orten und vielleicht auch zu verschiedenen Zeiten eine verschiedene Beschaffenheit — in chemischer und physikalischer Hinsicht — besaßen, und daß sie die Stoffe, welche sie auf Gangspalten absetzten, zum größeren Teile aus der Tiefe mit emporgeführt und nur zum kleineren Teile aus den von diesen Spalten durchsetzten Gesteinskörpern ausgelaugt haben" [2]).

Diese Fassung der Thermaltheorie wollen auch wir den weiteren Besprechungen zugrunde legen.

Mit der Lateralsekretionstheorie hat die Thermaltheorie die Voraussetzung gemeinsam, daß sich das Material der Erzgänge mit Ausnahme des mechanisch eingeführten Ganggesteins aus wässerigen Lösungen ausgeschieden hat. Diese Voraussetzung ist völlig einwandfrei, da wir namentlich seit den großen Untersuchungen von G. Bischof die Löslichkeit aller Erze und Gangarten unserer Gänge in Wässern, die Kohlensäure und andere Gase enthalten, sicher kennen. Außerdem sind hierfür die Pseudomorphosenbildung und die Krustenstruktur wichtige Beweismittel. Auch die häufigen Flüssigkeitseinschlüsse im Gangquarz und anderen Gangmineralien sprechen hierfür. Führen doch auch die Erze selbst solche, wie sich dies an durchsichtigen Zinkblenden und Rotgiltigerzen zeigen läßt.

Eine Hauptstütze der Thermaltheorie ist die Tatsache, daß in dem Wasser oder den Absätzen der heutigen Thermen metallische und nichtmetallische Elemente von der Art, wie sie an der Zusammensetzung von Erzen und Gangarten der Gänge sich wesentlich beteiligen, nach-

[1]) J. S. Newberry. *The Origin and Classification of Ore-Deposits.* New York 1880.

[2]) Z. f. pr. G., 1896, S. 412.

gewiesen werden können. Eine sehr ausführliche Zusammenstellung davon hat schon G. Bischof[1] gegeben, und seitdem sind unsere Kenntnisse noch wesentlich vermehrt worden, wie die Übersichten bei J. Roth[2] und bei L. De Launay[3] uns lehren. Wir heben aus dem reichen Beobachtungsmaterial nur einige wenige Tatsachen in der Hauptsache an der Hand des De Launayschen Werkes hervor:

Die Gegenwart von Schwefel als Schwefelwasserstoff, oder als Sulfat und Sulfid von Alkalien, Erden, seltener von Metallen, sowie auch die Anwesenheit von Kohlensäure in freiem oder gebundenem Zustande ist in zahlreichen Thermen seit lange bekannt. Sehr häufig finden sich auch Verbindungen des Chlors. Brom, an Alkalien gebunden, ist bekannt aus den Thermen von Nauheim, Jod z. B. von Vichy. Fluor wurde für die Quellen von Karlsbad, Plombières, Vichy u. a., Phosphorsäure für die letztgenannten nachgewiesen. Arsen fand sich am reichlichsten in den Thermen von Bourboule (0,0155 g arsensaures Natron auf den Liter). Borsäure ist in mehreren Geysirs (heißen, Kieselsäure absetzenden Quellen) bekannt, sowie auch von den noch ausführlicher zu erwähnenden Thermen von Sulphur Bank und Steamboat Springs im westlichen Nordamerika. Man wies sie auch nach für Salies und mehrere andere Thermen der Pyrenäen, für Tarasp und Sct. Moritz, für Friedrichshall und Homburg, für die heißen Wässer der Kupfergrube von Boccheggiano (I. S. 323). Aus den Quellen von Salies werden sogar borsaure Salze gewonnen. Kieselsäure wurde, abgesehen von den eigentlichen Geysirs, nachgewiesen in den Thermen von Plombières, Karlsbad und vielen anderen. Titansäure wird von dem Brodelbrunnen zu Pyrmont und von Karlsbad angeführt. Natrium, Kalium, Kalzium, Magnesium, Aluminium sind höchst verbreitet. Lithium führen u. a. die Wässer von Vichy, Bourboule und Ballardvale, Spuren von Rubidium und Caesium wollen wir der Vollständigkeit halber von Karlsbad, Vichy, Bourbon u. a. anführen. Baryum[4] und Strontium sind z. B. zugegen in den Quellen von Ems (0,0028 g pro Liter) und von Karlsbad. Eine Quelle bei Lautenthal im Harz, die 40 l pro Minute gibt, hat in nur 3—5 Jahren 2000 kg Baryt abgesetzt.

---

[1]) G. Bischof. *Chem. u. phys. Geologie.* 1. Aufl., II. Bd., 1847, S. 2079 ff. 2. Aufl., III. Bd., 1866, S. 904—912.

[2]) J. Roth. *Chem. Geologie.* I. Bd., 1879, S. 564 ff.

[3]) L. De Launay. *Recherche, Captage et Aménagement des Sources Thermo-Minérales.* Paris 1899, p. 85 ff.

[4]) Die ausführliche chemische Geologie dieses Elements findet man bei G. B. Trener. Jahrb. k. k. geol. Reichsanst. Wien 1908, Bd. 58, S. 387 ff.

Eisen und Mangan sind sehr häufig, das erstere nicht selten sehr reichlich vorhanden. Spuren von Chrom enthalten die Sprudelabsätze zu Karlsbad. Nickel kennt man von Ronneby in Schweden, Kobalt von Lamalon (Hérault), Zink von Pyrmont, Zinn von Kissingen u. a. O., Kupfer von Bruckenau, Rippoldsau und Sct. Moritz, Blei scheint noch nicht sicher bestätigt zu sein. Gold wird in Spuren von Karlsbad angegeben. Seine Anwesenheit in Thermen wird durch ein Stück vermodertes Holz in den heißen Quellen von Taupo auf Neuseeland bewiesen, worin Liversidge goldhaltigen Pyrit entdeckte. Antimon wies man nach für Pyrmont, Quecksilber für mehrere kalifornische Thermen (siehe später). Silber scheint noch nicht sicher konstatiert zu sein.

Noch beweiskräftiger, als diese Gegenwart von Metallen in vielen Thermen ist die weitere Tatsache, daß manche Thermen noch jetzt auf Erzgängen emporsteigen. Dies wurde zuerst ausführlich von A. Daubrée[1]) und von H. Müller[2]) dargelegt.

Bei Plombières in den südlichen Vogesen entspringen in einer 220 m langen und 70 m breiten Zone zahlreiche Mineralquellen aus dem Granit. Die Temperatur der heißesten beträgt 73° C, der übrigen nur 15—30° C. Unter ihren chemischen Bestandteilen, die nicht mehr denn 0,03 g pro Liter ausmachen, herrscht kieselsaures Kali vor. Als man zur Vornahme neuer Fassungsarbeiten an den sog. seifigen Quellen in den Granit eindrang, durchschnitt man mehrere Gänge von Quarz und Flußspat, mit dem sich auch der anstoßende Granit, sowie der aufgelagerte unterste Buntsandstein imprägniert erwiesen. Außer den genannten Mineralien führten die Klüfte auch etwas Schwerspat, Eisenkies und Roteisenerz. Längs den Salbädern dieser Gänge steigen die Thermalwässer auf. Daß diese Absätze auf Klüften noch heute stattfinden, beweisen Flußspatkriställchen inmitten der römischen Mauerung, sowie eine Reihe interessanter Neubildungen, die durch Reaktionen zwischen den im Thermalwasser enthaltenen Verbindungen auf die Bestandteile des Betons aus der Römerzeit entstanden sind. In den Hohlräumen der mit Kalkmörtel zusammengefügten Backsteine sind Zeolithe, namentlich Apophyllit und Chabasit auskristallisiert, begleitet von Opal und Aragonit. Noch viel mannigfaltigere Neubildungen traf man 1874

---

[1]) A. Daubrée. *Mém. sur la relation des sources thermales de Plombières avec les filons métallifères etc.* Ann. d. Mines, V. Ser., t. XIII, Paris 1858, S. 227 bis 256.

[2]) H. Müller. *Über die Beziehungen zwischen Mineralquellen und Erzgängen im nördlichen Böhmen und in Sachsen.* B. v. Cottas Gangstudien, III, Freiberg 1860, S. 261—309.

ebenfalls nach A. Daubrée[1]) beim Ausräumen eines alten Römerbrunnens auf einer Thermalspalte von Bourbonnes-les-Bains an. Hier waren durch die Einwirkung des Thermalwassers auf zufällig hineingeratene Gold- und Silbermünzen, Stücke von Bleirahmen, Statuetten von Bronze, Gegenstände von Eisen u. dergl. seit der Römerzeit eine ganze Reihe von Erzen ausgeschieden worden, wie Bleiglanz, Phosgenit, Anglesit und Cerussit, sowie Rotkupfererz, Kupferglanz, Kupferkies, Buntkupfererz, Antimonfahlerz, Atakamit, endlich Eisenkies und ein kieselsäurereiches Oxydationsprodukt des Eisens.

Von den zahlreichen von H. Müller zusammengestellten Nachweisen seien nur einige wenige hervorgehoben:

Die Thermen von Wiesenbad und von Wolkenstein in der Gegend von Annaberg entspringen nach H. Müller auf drusigen Quarzgängen, die teilweise Baryt führen.

In der Grube Kurprinz Friedrich August Erbstolln zu Großschirma, nördlich von Freiberg, baute man (siehe I. S. 379) auf Gängen der barytischen Bleierzformation, die im Biotitgneis aufsetzten. Auf einem derselben, dem Ludwig Spat, wurde im Jahre 1821 etwa 160 m unter Tage eine Mineralquelle mit einer Temperatur von 29,5° C erschroten, die namentlich auf Kreuzungspunkten übersetzender Klüfte empordrang. Nach einer chemischen Untersuchung erwies sie sich als ein fast ganz eisenfreier alkalisch-erdiger Säuerling mit freier Kohlensäure.

Hier mögen die von Neubert[2]) erforschten interessanten Wasserverhältnisse der Grube Himmelsfürst bei Brand unweit Freiberg berührt werden. Während die dortigen Baue im allgemeinen so trocken sind, daß Wasser beim Bohren eingeführt werden muß, sitzt in größerer Tiefe besonders auf der 15. Gezeugstrecke (606 m unter Tage) auf vielen Gängen etwas aufsteigendes Wasser zu, dessen Temperatur etwa 20° C beträgt, während die dortige Gesteinstemperatur nach Reich nur etwa 15,5° C betragen würde.

Erwähnt sei auch die in 331 m Tiefe auf dem Geschieber-Gang zu Joachimsthal im böhmischen Erzgebirge im Jahre 1864 angehauene Therme von 28° C, von der F. Laube berichtet[3]).

Sehr merkwürdig ist die heiße Quelle, welche im Jahre 1901 auf dem Kupfererzgang der Grube Boccheggiano (siehe I. S. 322) bei Massa Marittima (Toscana) angefahren worden ist. Ihre Temperatur beträgt 40,6° C. Nach einer uns von der Grubenverwaltung mitgeteilten Analyse von Fresenius enthielt 1 Liter dieses Thermalwassers:

---

[1]) A. Daubrée. *Experimental-Geologie.* Übersetzt von A. Gurlt. 1880, S. 57—91.

[2]) Jahrb. f. d. B.- u. H.-W. in Sachsen. 1890, S. 129. 1891, S. 48.

[3]) Laube. *Geologische Exkursionen.* 1884, S. 15.

Schwefelsäure	0,3100 g
Kieselsäure	0,0232 „
Borsäure	0,0073 „
Chlor	0,0179 „
Kohlensäure (an Basen gebunden)	0,0771 „
Kalkerde	0,2718 „
Magnesia	0,0271 „
Eisenoxydul	0,0035 „
Kali	0,0288 „
Natron	0,0060 „
Sa.	0,7727 g

Für die Thermalquellen von Ems, Wiesbaden und Kreuznach hat neuerdings R. Delkeskamp[1]) den Zusammenhang mit den Erz- und Mineralgängen des Taunus und der Pfalz hervorgehoben. So entspringen die S, Cu, Pb, As, Ba und SiO_2 enthaltenden Emser Thermen auf der meist tauben, z. T. aber wenigstens Kupferkies führenden Fortsetzung des Neuhoffnungstollnganges, welcher der kiesig-blendigen Bleierzformation angehört.

F. Sandberger hat diesen und anderen Tatsachen gegenüber eingeworfen, daß die meisten Thermen nur auf der Erdoberfläche Absätze hinterlassen, nicht aber echte Krustenbildungen in ihren Ausflußkanälen erzeugen. Dieser Einwand ist hinfällig bei gewissen Beobachtungen aus dem westlichen Nordamerika, wonach auch in den Thermalspalten selbst sich Absätze von metallhaltigen Verbindungen aus noch heute hervorbrechenden Thermen bilden.

An den Steamboat Springs in Nevada (6 Meilen vom bekannten Comstock Lode entfernt) wird der Untergrund aus Granit gebildet, der von jura-triasischen Schichten bedeckt und von Andesiten und Basalten durchbrochen wird. Dem Boden entströmen neben Gasen, vorwiegend Kohlensäure und etwas Schwefelwasserstoff, auch Thermen von 75° C.

Im Kieselsinter des Bassins von Steamboat Springs findet man Metallsulfide. Ein von Metastibnit (Sb_2S_3) rot gefärbtes Sinterstück im Gewicht von 3403 g enthielt:

Gold	0,0034 g,	Silber	0,0012 g,
HgS	0,0070 „	PbS	0,0720 „
CuS	0,0424 „	Fe_2O_3	3,5924 „
$(Sb, As)_2S_3$	78,0308 g.		

Nach G. Becker[2]) enthalten 10 Liter des Thermalwassers von Steamboat Springs:

[1]) Verhandl. d. Naturf. Vers. 1903, II, 1. H., S. 161.

[2]) G. Becker. *Quicksilver ore deposits of the Pacific Slopes.* U. S. Geol. Survey Monograph., XIII, 1888.

$FeCO_3$	0,0029 g,	$NaCl$	14,1475 g,
$MgCO_3$	0,0099 "	KCl	1,9735 "
$CaCO_3$	0,1577 "	Na_2SO_4	1,1147 "
$NaHCO_3$	2,9023 "	Li_2SO_4	0,5650 "
Na_2CO_3	0,4313 "	$Na_2B_4O_7$	3,1368 "
$Ca_3P_2O_8$	0,0137 "	$Na_2Si_4O_9$	3,9090 "
Al_2O_3	0,0025 "	Na_3SbS_3	0,0100 "
$NaHS$	1,1147 "	Na_3AsS_3	0,0866 "
nNa_2S, HgS	Spuren.		

Mit einem bei Steamboat Springs getriebenen Stolln wurde in beträchtlicher Tiefe unter der Oberfläche eine Kluft überfahren, durch welche Thermalwässer ausgeströmt waren. Auch in dieser Kluft hatte sich quarzige Gangart mit Zinnober abgesetzt und zwar mit deutlicher Krustenstruktur.

Ebenso lehrreich sind auch die Verhältnisse der Quecksilbergrube Sulphur Bank in der kalifornischen Coast Range. Es wurde zuerst von J. A. Phillips[1]) auf die große Bedeutung dieses Vorkommnisses für die Thermaltheorie der Gänge hingewiesen. Später folgten genauere Untersuchungen von J. Le Conte und W. B. Rising[2]) und noch später von G. F. Becker[3]). Die Grube wurde ursprünglich als Tagebau auf Schwefel betrieben. In der Tiefe blieb der Schwefel aus, dagegen stellten sich reiche Zinnobererze ein und zwar auf Spalten und als Imprägnation inmitten des ganz zersetzten Gesteins. Dieses besteht aus Sandsteinen und Schiefern, die oft brekzienartig zerstückelt sind, und darüber aus einer Basaltdecke. Auf den Zinnober führenden Spalten dringen heiße Wässer und Gase hervor. Das Thermalwasser setzt neben Zinnober auch Pyrit und Opal ab. Die Kieselsäureabsätze finden sich in allen möglichen Stadien der Erhärtung, vom gelatinösen Zustand bis zur Beschaffenheit des Chalcedons, und alternieren mit Krusten von Zinnober und Pyrit. Die Temperatur des Wassers betrug 80° C. Die in diesen Thermen gelösten Bestandteile waren vorzüglich Chlorverbindungen, Borax und doppeltkohlensaures Natron. Die mit ausströmenden und zum Teil im Wasser absorbierten Gase erwiesen sich als ein Gemisch von 893 CO_2, 2 H_2S, 79 CH_4 und 25 N nebst Spuren von Ammoniak p. m. Der erwähnte Pyrit enthielt kleine Mengen von Gold und Kupfer.

Ganz besonders wertvoll endlich sind die von W. H. Weed[4]) an den heißen Quellen von Boulder in Montana gemachten Beobachtungen. Die Quellspalten führen hier Absätze von Chalcedon oder Jaspis, sowie auch von Stilbit. Sowohl diese Kluftfüllung, wie auch der unmittelbar angrenzende Granit, dessen Feldspäte und Quarze, Hornblenden und Biotite in Serizit oder Kaolin umgewandelt sind, enthalten geringe Mengen von Edelmetallen und zwar bis 1,5 g Gold und bis 12,4 g Silber pro t.

---

[1]) J. A. Phillips. *Notes on the Chemical Geology of the Goldfields of California.* Philos. Magaz., XXXVI, 1868, p. 321.

[2]) J. Le Conte and W. B. Rising. *The Phenomena of Metalliferous Veinformation now in progress at Sulphur Bank, Col.* Amer. Journ. of Sc., XXIV, 1882, p. 23.

[3]) G. F. Becker, a. a. O.

[4]) W. H. Weed. *Mineral vein formation at Boulder Hot Springs. Montana.* U. S. Geol. Surv., 21. Ann. Rep. pt. II, 1900, pp. 227—255. Plates.

Übrigens hat man auch an einer wohlbekannten europäischen Therme, dem Karlsbader Sprudel, die Bildung eines Sulfides, von Pyrit, beobachtet. Schon Hochstetter und Teller[1]), neuerdings J. Knett[2]) haben Pyrit als Bestandteil der Hornsteinbrekzien, die von einer älteren Sprudeltätigkeit herrühren, angeführt. Kürzlich wurden dort bei Grundgrabungen sehr pyritreiche Hornsteinbrekziengänge aufgedeckt. Wir besitzen u. a. ein Belegstück mit einem noch nicht gänzlich versinterten, noch offenen kleinen Quellkanal. Der Pyrit ist goldfrei (trockene Probe meines Herrn Kollegen Friedrich). J. Knett hat die Ausscheidung des Pyrites mittels der Annahme einer Reduktion von Na_2SO_4 durch kohlige Substanzen und der Einwirkung von Eisenoxyd des Granites auf das gebildete Na_2S erklärt, ein Vorgang, der auch ganggeologisch von Interesse ist:

$$Na_2SO_4 + C_2 = Na_2S + 2\,CO_2$$
$$Na_2S + FeO_2 \cdot FeO = FeS_2 + FeO + Na_2O$$
$$FeO + Na_2O + 4\,CO_2 + 2\,H_2O = Fe(HCO_3)_2 + 2\,NaHCO_3.$$

In seltenen Fällen scheinen in Hohlräumen von Erzgängen Reste des ehemaligen Thermalwassers, „Reste von Mutterlauge“ übrig geblieben zu sein. Über einen solchen Fall berichtet Orville A. Derby[3]): In der tiefsten Grundstrecke der Morro-Velho-Grube wurde im Gange (siehe I. S. 433) eine mit Wasser gefüllte Kluft angehauen. Ihre Wände waren mit einem erdigen Überzug von gelatinöser Kieselsäure und Kalzit mit einem leicht löslichen dünnblätterigen Eisensilikat bedeckt. Diese Kruste umschloß auch sehr kleine Würfelchen von Pyrit und Körnchen von Magnetkies. Das Wasser enthielt alle Bestandteile, die den Überzug bildeten und — vielleicht mit Ausnahme des Arsens und Goldes — außerdem alle Elemente des Erzes selbst.

Wie wir sahen, sind für Absätze von Erzen durch heutige Thermen auf der eigentlichen Erdoberfläche nur recht vereinzelte Beispiele bekannt. Man könnte noch hinzufügen die thermalen Quellenabsätze mit bis 8% Kobalt und Mangan, die Sickenberger[4]) von Kargeh und Dakhel in der Sahara beschrieben hat. Sie bilden hier an Schlammvulkane erinnernde Kegel bis zu 10 m Höhe oder auch ausgedehnte Lager, wie zu Omm el Debadeb, hier aus reinstem pulverförmigem Mangansuperoxyd mit Kobaltoxydul. Der Grund für die Seltenheit solcher Gebilde ist die Arbeit der Gewässer, die sie meist wieder schnell abgetragen hat. So haben sich gewöhnlich nur ganz rezente oberflächliche Absätze dieser Art erhalten können und naturgemäß gerade an solchen Stellen, wo wir die zugehörigen Erzlagerstätten der Tiefe gar nicht kennen. Denn wo die letzteren bekannt sind, da hat eben eine weitgehende Denudation stattgehabt.

---

[1]) Hochstetter und Teller. *Über einen neuen geol. Aufschl. im Gebiete der Karlsbader Thermen.* Denkschr. Akad. Wien 1878.

[2]) J. Knett. *Schwefel und Pyrit als Absatz von Karlsbader Thermalwasser.* N. J. f. Min. 1899, Bd. II, S. 81—84.

[3]) Orville A. Derby. *Notes on Brazilian Gold Ores.* Eng. and Min. Journ. 5, 1902 u. Z. f. pr. G. 1903, S. 111.

[4]) Sickenberger in Z. f. pr. G. 1894, S. 263.

Neuerdings sind aber auch Äußerungen einer früheren Thermaltätigkeit bekannt geworden, die als erzbildend überhaupt die Erdoberfläche niemals erreicht haben. Wir berichten darüber im folgenden:

Beschränkung einer erzabsetzenden Thermaltätigkeit auf ein bestimmtes Niveau nach oben hin.

W. P. Jenney[1]) schilderte die eigentümliche erzreiche Kalksteinregion im Tintic-Grubengebiet des Great Basin von Utah. Die Erzgangbildung fällt hier in eine Zeit der Erdgeschichte, als die Erosion an dem aufgerichteten Kalksteingebirge ihre Arbeit so gut wie beendet hatte. Die seitdem hinzugekommene Abtragung aus rezenter Zeit wird auf nur 30 bis 60 oder 90 m Dicke der denudierten Oberfläche geschätzt, wie dies durch das extrem trockene Klima bedingt ist. Berg und Tal von heute bestanden also schon, als die Tintic-Erze auf Spalten und Schichtfugen abgesetzt wurden oder Kalke seitlich von den Zufuhrwegen der thermalen Lösungen verdrängten. Wir sehen nun dort, daß die Ausfüllung der Spalten mit Erzen in einem bestimmten Niveau nach oben hin abgeschnitten ist, obgleich sich die Spalten selbst bis weiter hinauf zur Erdoberfläche fortsetzen. Der so erhaltene maximale Pegelstand der erzabsetzenden thermalen Wassersäule war natürlich bedingt durch die gegebene Möglichkeit seitlicher Ausflüsse in tiefen Schluchten. An einzelnen Stellen freilich findet man thermale Gebilde, die aber niemals Erze führen, auch den Höhen aufgesetzt. Es sind dies Absätze von weißem gebändertem Chalzedon, auch solche von Quarz, Eisenspat, Ankerit und Baryt. Diese Gebilde hält Jenney für Zeugen einer Geysirtätigkeit. Solche periodische Explosionserscheinungen hätten thermales Wasser auch bis zur Oberfläche hinauf tragen können, nachdem die Abscheidung der Metallverbindungen in der Tiefe schon vollendet war.

Herkunft der Thermalwässer.

In innigem Zusammenhang mit der Thermaltheorie steht die weitere Frage: „Woher stammt das aufsteigende Thermalwasser?" Rührt es von den atmosphärischen Wässern her, die aus der nahe der Erdoberfläche gelegenen Region (vadosen Region F. Pošepnys) in die stark erwärmte Tiefe (profunde Region desselben Autors) hinabgesickert sind, um dort umzukehren, wenn sie auf größere Spalten stoßen, oder stammt es von den in der frühesten Bildungsperiode des Erdballes bereits von den glühendflüssigen Magmen absorbierten Wasserdämpfen her?

[1]) W. P. Jenney. *The Mineral Crest, or the Hydrostatic Level attained by the ore-depositing solutions, in certain Mining Districts of the Great Salt Lake Basin.* Trans. Am. Inst. Min. Eng. Febr. 1902.

A. Daubrée[1]) glaubte diese Frage im Sinne der ersteren Antwort gelöst zu haben, indem er, anknüpfend an frühere Versuche von Jamin, experimentell nachwies, daß nach den Gesetzen der Kapillarität trotz eines von unten her wirkenden, durch die dortige starke Wärmeentwicklung verursachten Gegendruckes das Einsickern von atmosphärischem Wasser auf den Haarspältchen der Gebirgsarten bis in die heißen Zonen des Inneren möglich sei. Verfällt dieses Sickerwasser aber auf weiter klaffende Spalten, für welche die Gesetze der Kapillarität nicht gelten, so müsse dieses jetzt stark erwärmte Wasser als Therme oder Dampf nach der Oberwelt zurückkehren, und es seien so die Dampfexplosionen und andere vulkanische Erscheinungen zu erklären. F. Pošepny[2]) wandte die Ergebnisse dieser Experimente speziell auf die Thermaltheorie an und formulierte seine Anschauung in folgenden Sätzen:

„Das Grundwasser hat auch in der profunden Region eine Deszenz durch die Kapillarien des Gesteins. In einer gewissen Tiefe angelangt, dürfte sich eine laterale Bewegung gegen die offenen Kanäle geltend machen. An diesen angelangt, kehrt es aszendierend an die Oberfläche zurück".

Demgegenüber sind neuerdings mehrfach Zweifel geäußert worden, ob das Daubréesche Experiment wirklich für die Verhältnisse im Erdinnern sich anwenden läßt, wo die Kapillarität von dem hohen Druck beeinflußt werden muß, unter dem alle Massen stehen. Auch hat J. F. Kemp[3]) auf die Tatsache hingewiesen, daß man in den Tiefbauen mehrerer Gruben durchaus nichts von dem allgemeinen Tiefersickern des Wassers im Gestein bemerkt, daß diese Baue sogar unter hoher Trockenheit leiden, wie in der Calumetgrube, wie ferner nach unseren eigenen Erfahrungen im Adalbertschacht zu Přibram und in manchen Freiberger Tiefbauen. Endlich haben auch manche Tiefbohrungen ganz trockene Gesteine erreicht. Auch Ed. Sueß[4]) hat sich neuerdings gegen die Daubréesche Idee ausgesprochen. Die Thermen, wie sie bei Bildung der meisten Erzgänge in Frage kommen, können

---

[1]) A. Daubrée. *Experimental-Geologie.* 1880, S. 180.

[2]) F. Pošepny. *Über die Bewegungsrichtung der unterirdisch zirkulierenden Flüssigkeiten.* Compte Rend. de la 3. session du Congr. Géol. Intern., Berlin 1885, S. 71. — Genesis, S. 38.

[3]) J. F. Kemp. *The Rôle of the Igneous Rocks in the Formation of Veins.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., Febr. 1901.

[4]) Ed. Suess. *Über Heiße Quellen.* Verh. Ges. Deutsch. Naturf. u. Ärzte, 1902, I.

nur „juvenile Quellen" im Sinne dieses Forschers sein, d. h. solche, die „als Nachwirkungen vulkanischer Tätigkeit aus den Tiefen des Erdkörpers aufsteigen und deren Wässer zum ersten Male an das Tageslicht treten".

Neuerdings hat A. Gautier[1]) den plutonischen Ursprung der Thermen zu erweisen versucht.

Er knüpft zunächst an die bekannte Tatsache an, daß Thermen in allen Weltgegenden mit tätigen oder erloschenen Vulkanen in Verbindung stehen, und erinnert an die ungeheuren Mengen von Wasserdampf, die wir bei vulkanischen Ausbrüchen entweichen sehen. Hat doch z. B. der Ätna nach Fouqués Schätzung bei der Eruption von 1865 mindestens 11000 cbm Wasser innerhalb von 24 Stunden geliefert. Daß atmosphärisches Wasser die in 35—40000 m Tiefe lagernden Herde geschmolzenen Gesteins erreicht — in solcher Tiefe erst würden wir dauernde Temperaturen von 12—1300° C vermuten dürfen — hält er für ausgeschlossen, da hier eine Lava unter etwa 8000 Atmosphären Druck stehen müsse, der niemals im Sinne von A. Daubrée durch Kapillarität überwunden werden könne. Vielmehr sind für das thermale Wasser zwei andere Ausgangspunkte möglich:

1. Durch Laboratoriumsversuche wies A. Gautier 1899 und 1902 nach, daß gepulverte Eruptivgesteine bei Rotglut im Vakuum Wasser und Kohlendioxyd abgeben und zwar nicht etwa Bergfeuchtigkeit, die schon zwischen 150—200° C im Vakuum entweichen würde, sondern Konstitutionswasser. Die Menge dieses so gewonnenen Wassers schwankte zwischen 7 g per kg im Granit bis fast 17 g per kg im Lherzolith. Außerdem wurden noch 3—18 mal soviel andere Gase ausgetrieben, die zum kleinsten Teil von Gaseinschlüssen herrühren, in der Hauptsache aber durch Wechselwirkung zwischen dem entstandenen Wasser und den Ferroverbindungen der Gesteine entstehen. Diese Gase sind im hohen Grade analog denen der bekannten vulkanischen Exhalationen.

Es zeigt dies die folgende Tabelle nach A. Gautier:

	Gase bei Rotglut aus Gesteinen ausgetrieben				Vulkanische Gase	
	Granit Gautier	Porphyr Gautier	Ophit Gautier	Gneis Tilden	Mt. Pelé (Moissan)	Santorin (Fouqué)
Freier Wasserstoff	77,30	31,09	56,29	61,9	22,3	16,12
Kohlendioxyd[2])	14,80	59,15	35,71	31,6	44,2	50,41
Kohlenmonoxyd	4,93	4,20	4,85	5,4	4,5	—
Sumpfgas	2,25	2,53	1,99	0,5	15,7	2,95
Schwefelwasserstoff	Spur	0,00	0,45	0,0	0,0	Spur
Stickstoff[3])	0,83	2,10	0,68	1,6	12,2	30,32
Ammonium	Spur	Spur	Spur	—	Spur	Spur

[1]) A. Gautier. *La genèse des eaux thermales et ses rapports avec le volcanisme.* Ann. des Mines, 6. sér., vol. 9, 1906, p. 316—370 (übersetzt ins Englische durch F. L. Ransome in Econ. Geol. vol. I, No. 7, 1906).

[2]) Mit etwas Kohlenoxysulfid.

[3]) Mit Argon.

Werden Gesteinsmassen infolge tektonischer Vorgänge in eine Tiefe hinuntergedrückt, wo Rotglut herrscht, so vermögen diese Prozesse große Mengen thermalen Wassers zu liefern, die sich ganz allmählich entwickeln können und darum lang anhaltende Thermen liefern werden. Jeder cbkm Granit z. B. würde mindestens 25—30 Millionen t Wasser liefern. Bei hohen Temperaturen entsprechen diesen sehr hohe Quantitäten Wasserdampf, bei 1100° C z. B. 160000000000 cbm. Dieser und die erwähnten anderen Gase sind beiläufig auch das Hauptagens bei vulkanischen Ausbrüchen, die dann eintreten, wenn durch plötzliche Erhitzung von Gesteinskomplexen diese Vorgänge stürmisch verlaufen.

2. Außerdem besteht die Möglichkeit, daß aus der Kernregion der Erde Zufuhren für die Bildung von Thermen erfolgen. Wasser selbst ist zwar in der überhitzten Barysphäre nicht möglich, wohl aber können wir hier neben Kohlenmonoxyd und Kohlenoxysulfid Wasserstoff voraussetzen, der beim Zusammentreffen mit Oxyden in kühleren Teilen durch Reduktionswirkung ebenfalls Wasser liefern muß.

Diese juvenilen Wässer führen nach A. Gautier zugleich Metallverbindungen der äußeren Erdkruste zu. Hierbei ist in dem Natriumchlorid, das er auch für einen primären Bestandteil der Kernregion hält, ein Spezialvehikel für Metalle zu vermuten, das bei Gegenwart von Wasser und Kieselsäure unter Rotglut die Bildung von flüchtigen Metallchloriden neben Natriumsilikat einleitet.

Mag man sich aber nun dieser oder der anderen Anschauung anschließen, immer kommt die Thermaltheorie darauf hinaus, daß die von unten her durch die heißen Wässer den Spalten zugeführten Mineralstoffe in der Hauptsache den tieferen Regionen der Erde entstammen. Das Wasser kann sie auf seinem Wege durch diese erwärmte Tiefe aus den dort herrschenden Gesteinen ausgelaugt haben. Ist es ja bekannt, wie stark die Lösungsfähigkeit des Wassers durch hohe Temperatur erhöht wird.

Hier knüpfen auch die Auslaugungstheorien moderner amerikanischer Forscher an, besonders S. F. Emmons' und G. F. Beckers. Sie lassen die für die Gangfüllung nötigen Grundstoffe durch Quellwasser nicht aus dem unmittelbaren Nebengestein der Erz führenden Spalten, sondern aus weiter ab und in den meisten Fällen zugleich tiefer liegenden Gesteinskörpern, insbesondere aus Eruptivgesteinen auslaugen. Emmons[1]) hat diese Ansichten zuerst im Hinblick auf die Lagerstätten von Leadville ausgeführt. Becker[2]) nimmt von den erwähnten Thermen von Steamboat Springs und von Sulphur Bank an, daß sie die mitgeführten Metallverbindungen aus den das granitische Grundgebirge noch unterlagernden Massen und auch aus dem Granit

---

[1]) S. F. Emmons. *The Genesis of certain Ore Deposits.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., XV, 1886, p. 125.

[2]) G. F. Becker. *The Geology of Quicksilver Deposits of the Pacific Slope.* 1888, p. 449.

selbst ausgelaugt haben. Mit Recht hat H. Louis[1]) bemerkt, daß zwischen dieser Art von Sekretionstheorie und der Thermaltheorie kein wesentlicher Unterschied mehr besteht.

Den klarsten Ausdruck hat diese, wenn man will, vermittelnde Form der Aszensions- oder Thermaltheorie durch J. Le Conte[2]) erhalten. Dieser wendet sich gegen die noch bei F. Pošepny herrschende Vorstellung, daß die Thermen die Metalle aus der Barysphäre, aus der nach einer sehr wahrscheinlichen Hypothese an Schwermetallen sehr reichen Kernpartie der Erde, mit emporbringen, da er der Meinung ist, daß die untere Grenze einer Wasserzirkulation bereits in einer Tiefe von 8—10 Meilen erreicht sein dürfte. Wohl aber hätten die Thermen in der schon stark erwärmten Thermosphäre genug Gelegenheit, um die dort in kleinen Mengen eingestreuten Metallverbindungen aus den Gesteinen auszulaugen und so später in höheren Zonen zu konzentrieren.

Eine Erweiterung und sehr klare Begründung haben die Le Conteschen Ideen durch Van Hise gefunden. Dieser räumt freilich im allgemeinen den deszendierenden Wässern eine etwas größere Beteiligung an dem Absatz von Erzen ein, als seine eben genannten Vorgänger[3]).

Wenn wir auch anerkennen, daß deszendierende atmosphärische Wässer für die Umlagerung und weitere Konzentration der Erze in den obersten Regionen der Gangspalten große Bedeutung haben, halten wir doch daran fest, daß die ursprüngliche Bildung der meisten Erzgänge aus großer Tiefe aufsteigenden Thermen zu verdanken ist. Diese Thermen denken wir uns als Nachwirkungen plutonischer Vorgänge, wie der Intrusion granitischer Massen oder auch vulkanischer Ereignisse im engeren Sinne. Diese Überzeugung wird bestärkt durch die von uns so oft in diesem Werke betonten engen Beziehungen zwischen Erzgängen und Eruptivgesteinen, Beziehungen, die mehr und mehr allgemeinere Anerkennung finden[4]). Neuerdings hat J. E. Spurr[5]) versucht, auch die auf rein thermalem Wege abgesetzten Erze und ihre gesetzmäßige

---

[1]) H. Louis in Phillips-Louis. *Ore Deposits.* 1896, p. 136.

[2]) J. Le Conte. *Discussion of Pošepny's Theory „The Genesis of Ore-Deposits".* Trans. Am. Inst. Min. Eng., XXIV, 1894, p. 996—1006.

[3]) Ch. R. Van Hise. *A Treatise on Metamorphism.* Monogr. U. S. Geol. Surv. Vol. XLVII, 1904, p. 1072 ff.

[4]) Vergl. u. a. J. F. Kemp. *The Rôle of the Igneous Rocks in the Formation of Veins.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., XXXI, Febr. 1900. — J. E. Spurr. *A Consideration of Igneous Rocks and their Segregation or Differentiation as Related to the Occurrence of Ores.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., XXXII, Febr. 1902.

[5]) J. E. Spurr. *A Theory of Ore-Deposition.* Econ. Geology Vol. II., No. 8, Dec. 1907, p. 781—795.

Paragenesis verstehen zu lernen, indem er in Spaltungsvorgängen bereits im Magma der plutonischen Herde, denen die metallhaltigen Thermen entspringen, die wichtigsten Ursachen für die Verschiedenheit der Gangtypen vermutet.

Die bisher vorgetragene Besprechung der Thermaltheorie hatte hauptsächlich die Herkunft und die chemische Beschaffenheit der aufsteigenden Lösungen zum Inhalt. Es erhebt sich fernerhin die Frage nach der Art der Ausfällung der metallischen und nicht metallischen Verbindungen in den Gangspalten und innerhalb des imprägnierten Nebengesteines.

Bedingungen der Ausfällung der in den Thermalwässern enthaltenen Verbindungen.

Als wichtigste und einfachste Ursachen der Ausfällung sind in erster Linie zu nennen Nachlassen des Druckes bei fortschreitender Annäherung an die Erdoberfläche, Verminderung der Temperatur des Lösungsmittels durch Wärmeabgabe an das kühlere Nebengestein, teilweises Entweichen der in den wässerigen Lösungen enthaltenen Gase, die schneller aufzusteigen vermögen, als das Wasser selbst und damit verminderte Lösungsfähigkeit des letzteren. Diese drei Ursachen bedürfen keiner weiteren Erläuterung.

In zweiter Linie wird die Ausfällung zustande kommen durch Reaktionen zwischen zwei verschieden zusammengesetzten Lösungen, die auf ihrem unterirdischen Wege von verschiedenen Seiten her zusammentreffen, namentlich zwischen aufsteigenden thermalen und absteigenden, von der Erdoberfläche kommenden Lösungen. Dies gilt übrigens auch bereits für nicht thermale Quellen. Hierbei ist es durchaus nicht nötig, daß große Mengen zum Aufbau eines Gangminerals in Lösung befindlich waren. Dies haben z. B. die Untersuchungen der Quellwässer in den Spalten des rheinisch-westfälischen Kohlengebietes durch P. Krusch[1]) gezeigt. Wässer, die nur ganz minimale Mengen von Baryum neben Chlorwasserstoff enthalten, setzen, wenn sie auf andere mit Schwefelsäure treffen, so viel Baryt ab, daß in kurzer Zeit damit die Wasserlutten gefüllt werden.

In dritter Linie werden Reaktionen der thermalen Lösungen mit chemischen Bestandteilen von Mineralien des Nebengesteins, die der Auflösung oder Auslaugung unterliegen, die Abscheidung von Erzen oder Gangarten begünstigen. Es sei hier als Beispiel wieder die vermutliche Rolle des dunklen Glimmers im Gneis (vergl. S. 17) kurz erwähnt.

[1]) April-Protok. in Zeitschr. D. geol. Ges. 1904, Bd. 56.

Etwas ausführlicher möge dagegen die Ausfällung von Metallsulfiden aus Sulfatlösungen durch reduzierende Kohlenstoffverbindungen erörtert werden.

Fein im Nebengestein verteilte Teilchen verschiedener Arten mineralischer Kohle und von Graphit, bituminöse Beimengungen aller Art, flüssige und gasförmige Kohlenwasserstoffe und Asphalt, auch kompakte Lager von Braun- und Steinkohle oder Graphit üben einen sehr bemerkenswerten Einfluß auf die Bildung von sulfidischen Erzlagerstätten der verschiedensten Form aus, indem sie als Reduktionsmittel der in den unterirdisch laufenden Gewässern enthaltenen Metallsulfate dienen. An zahlreichen Stellen unseres Werkes ist bei Beschreibung einzelner Lagerstätten auf diese Beimengungen hingewiesen, auch auf das Vorkommen von Kohlenstoffverbindungen in den Gangspalten. Eine sehr eingehende Studie über diesen Gegenstand verdanken wir W. P. Jenney[1]. Auch H. Höfer[2] gab wichtige Hinweise.

Die bei diesen Vorgängen sich abspielenden Reaktionen können nach den folgenden Schemen gedacht werden (Jenney):

$$ZnSO_4 + 2\,H_2O + 2\,C = ZnS + 2\,H_2CO_3$$
$$PbSO_4 + 2\,H_2O + 2\,C = PbS + 2\,H_2CO_3.$$

Bei der Reduktion von Eisenvitriol muß freie Schwefelsäure zugegen sein, weshalb das Schema hier lautet:

$$2\,FeSO_4 + 2\,H_2SO_4 + 5\,H_2O + 7\,C = 2\,FeS_2 + 7\,H_2CO_3.$$

Aus Karbonaten von Zink, Blei und Eisen vollzieht sich der Vorgang leicht bei Gegenwart von Alkalisulfaten, also in der Weise:

$$PbCO_3 + Na_2SO_4 + 2\,H_2O + 2\,C = PbS + Na_2CO_3 + 2\,H_2CO_3$$
$$2\,FeCO_3 + 4\,CaSO_4 + 5\,H_2O + 7\,C = 2\,FeS_2 + 4\,CaCO_3 + 5\,H_2CO_3.$$

Auf weitere Möglichkeiten soll hier nicht eingegangen werden.

Bei Bitumen und gasförmigen Kohlenwasserstoffen ist der reduzierende Einfluß so groß, daß aus den Sulfiden auch Metalle erzeugt werden können. So z. B. nach dem Schema:

$$2\,Ag_2S + CH_4 = 4\,Ag + 2\,SH_2 + C.$$

Diese Gleichung wurde nach H. Höfer übrigens auch experimentell erhärtet, indem aus Argentit in einem Methanstrom bei gewöhnlicher Temperatur Silber, Schwefelwasserstoff und fein verteilte Kohle erzeugt wurde.

---

[1]) W. P. Jenney. *The Chemistry of Ore-Deposition.* Trans. Am. Inst. Min. Eng. Oct. 1902.

[2]) H. Höfer. *Erdöl-Studien.* Sitzber. k. R. Ak. d. W. in Wien. Math.-phys. Cl. Bd. CXI. Abt. I. Jul. 1902.

W. P. Jenney hat eine Tabelle der relativen Reduktionsfähigkeit, bezogen auf die des Wasserstoffes = 100, für verschiedene natürliche Verbindungen berechnet, die bei der Bildung von Erzlagerstätten das Ausfallen von Metallsulfiden herbeiführen können. Wir geben im folgenden einen Auszug aus dieser Tabelle, die zu weiterer Prüfung anregend sein kann:

Wasserstoff	100,00
Sumpfgas, CH_4	50,00
Petroleum, C_nH_{2n+2} (85 % C, 15 % H) . . .	43,36
Bitumen (89 % C, 11 % H)	40,67
Bitumen (80 % C, 14 % H, 6 % O)	39,92
Bituminöse Kohle (88 % C, 7 % H, 5 % O) . . .	35,71
Graphit (oxydiert zu CO_2)	33,33
Lignit (60 % C, 4 % H, 36 % O)	19,50
Pyrit und Markasit durch Oxydation zu $FeSO_4$ . .	11,67
Zinkblende durch Oxydation zu $ZnSO_4$	8,25
Bleiglanz durch Oxydation zu $PbSO_4$	3,35
Magnetit durch Oxydation zu Fe_2O_3	0,46

Vierter Abschnitt.

Epigenetische Erzlager.

Wie schon in der Einleitung I. S. 6—7 und noch mehrfach im vorausgehenden ausgeführt worden ist, haben die metallhaltigen Gewässer ihre Absätze nicht ausschließlich auf Spalten und Klüften zurückgelassen, sondern vielfach auch schichtige Gesteinskörper durchdrungen und mit Erzen bereichert. Die Art und Weise dieser Vererzung ist eine sehr verschiedenartige.

Bei einer Anzahl von Beispielen sind die Lösungen einfach in die Lücken zwischen den körnigen oder körnig-kristallinen Gemengteilen von Gesteinen eingedrungen, haben so ganze Schichten völlig durchtränkt und schließlich in den Poren Erze und begleitende nichtmetallische Mineralien zurückgelassen. Gute Beispiele für die Art und Weise, wie poröse Gesteine von Erz absetzenden Lösungen infiltriert werden, bilden die ökonomisch übrigens unbedeutenden Psilomelan- und Limonitvorkommen, die man so häufig in den Quadersandsteinen der oberen Kreide findet, so u. a. zu Wolfsdorf bei Goldberg in Schlesien. Die Infiltration beginnt von Klüften und Schichtfugen aus und nimmt zunächst die lockersten Gesteinspartien in Besitz. Hierbei entstehen teils ganz unregelmäßig verteilte Erzputzen oder auch zarte, der Kreuzschichtung parallele eisen- und manganreiche Lagen. Auch Steinkerne von Muscheln werden mit Vorliebe mit Erz überkrustet. Bei der mikroskopischen Untersuchung zeigt sich, daß die vererzten Sandsteinpartien vorher eine starke Pressung erlitten haben. Die Quarzkörner sind vielfach zerklüftet, und auf den Spältchen ist Limonit ins Innere vorgedrungen. Meist freilich war mit dieser Durchtränkung zugleich eine Ätzung, Auflösung und Wegführung gewisser Gemengteile verbunden, an deren Stelle dann ebenfalls Erzpartikel treten konnten.

Die so entstandenen schichtigen Erzlagerstätten nennen wir Erzlager und zwar im Gegensatz zu den rein sedimentär gebildeten schichtigen Erzansammlungen epigenetische Erzlager.

Was die Lagerungsformen dieser Lagerstätten anlangt, so stimmen sie beinahe völlig mit derjenigen der sedimentären Lagerstätten überein. Es sei darum hier auf die im VII. Abschnitt geschilderten Lagerungsformen der rein sedimentären Lager auch an dieser Stelle hingewiesen.

Eine schwierige Aufgabe ist es, in die Vielheit der epigenetischen Erzlager durch eine der Genesis entsprechende und zugleich die Paragenesis berücksichtigende Gruppierung einigermaßen Ordnung zu bringen. Hierbei muß als wichtiger Gesichtspunkt zunächst die Beschaffenheit des Nebengesteins solcher Erzlager ins Auge gefaßt werden. Dieses kann noch seine ursprüngliche Struktur und Zusammensetzung besitzen, oder es kann einem mehr oder minder tief eingreifenden Metamorphismus unterworfen gewesen sein, der auch die Erscheinungsweise der Erzlager selbst veränderte und die Erkenntnis der näheren Umstände ihrer Genesis erschwerte. Wir beginnen mit den epigenetischen Erzlagern innerhalb stark metamorpher Schichten und lassen hierauf diejenigen innerhalb von nur schwach oder gar nicht metamorphen Gesteinen folgen.

I. Epigenetische Erzlager innerhalb stark metamorpher Gesteine.

α) Epigenetische Erzlager zugleich mit oxydischen und sulfidischen Erzen.

Wir beginnen mit einem eigentümlichen Erzvorkommnis inmitten des weiter unten zu beschreibenden Eisenerzrevieres von Norberg, demjenigen der Kallmora Silfvergrufva[1]).

1. Die Silber-Bleierzlagerstätte Kallmora bei Norberg in Schweden.

Das Nebengestein ist dort ein feinkörnig-schuppiger Biotitgneis. Unmittelbar im Hangenden und Liegenden ist dieser feldspatarm oder -frei, enthält aber dafür einen lichten Pyroxen, etwas Hornblende, Granat und Cordierit. Die Struktur erinnert ungemein an die Pflasterstruktur der Gesteine aus granitischen Kontaktzonen. Auch ist der Cordierit in derselben Weise mit Quarzkörnchen durchspickt, wie in

[1]) G. Nordenström. *Mineralogiska notiser* in Geol. Fören. Förh., Bd. IV, No. 12, S. 340. — A. Helland. *Bergbeg, Anthracit og nogle andre kulholdige Mineralier fra Ertsleiesteder og Granitgange.* Geol. Fören. Förh. 1874—75, S. 513. — R. Beck. *Über einige mittelschwedische Eisenerzlagerstätten.* Z. f. pr. G., 1899, S. 1.

den echten kontaktmetamorphen Hornfelsen. Lagenweise findet sich in diesem Nebengestein auch viel Magnetit. Er ist hier ohne Zweifel primärer Gemengteil, denn er bildet neben den Quarzkörnern oft scharfe Kristalle und ist oft allseitig von Quarzindividuen durchwachsen. Ganz anders verhält es sich mit dem ebenfalls zuweilen im Granulit eingesprengten Bleiglanz. Dieser ist später eingewandert und füllt vorzüglich die Lücken zwischen zersetzten Pyroxenkörnern aus. Die Hauptgesteinsart des Lagers selbst, das 3—5 m mächtig ist und nahezu seiger fällt, ist ein kristalliner Kalkstein und ein sehr unregelmäßig mit diesem verwachsener flußspatreicher Granatskarn. In den oberen Teufen tritt der Skarn zurück, und die Erze fanden sich unmittelbar im Gneis (dort Granulit genannt). Die oxydischen und sulfidischen Erze halten sich in der Hauptsache ziemlich getrennt voneinander, wie die von der Grubenverwaltung angefertigten Querprofile beweisen. Jene, Magneteisenerz und Eisenglanz, bilden Schmitzen und Lagen im Gneis des Liegenden und Hangenden besonders dort, wo er Granat und Pyroxen enthält, also schon skarnähnlich wird. Diese, und zwar ziemlich beträchtliche Mittel von Bleiglanz mit 0,015 % Silber (Freiberger Probe) und minder ausgedehnte von Schwefel- und Kupfer- und Arsenkies, treten gewöhnlich als isolierte Partien inmitten von Kalkstein und Skarn auf, nehmen aber gelegentlich auch, wie in etwa 100 m Teufe, ziemlich die ganze Mächtigkeit des Lagers ein. Neben dem feinkörnig-kristallinen, mit farblosem oder violblauem Flußspat, Kalkspat und etwas Granat verwachsenen Bleiglanz, der entschieden vorherrscht, kommt auch eine großblättrige Varietät dieses Erzes vor, die trumartig in grobkristalline Quarzausscheidungen des Granatskarns hineinsetzt. Auf eine spätere Zuführung der Edelmetalle scheint auch das gelegentliche Auftreten einer deutlichen Krustenstruktur hinzudeuten: Inmitten des Granatskarns finden sich stumpfeckige Ausscheidungen von fettglänzendem Quarz, umgeben von einer schmalen Hülle von Kupferkies, der zugleich kleine Trümer in den Quarz hinein sendet. Auf dieser Lage sitzt auf der einen Seite der Ausscheidung noch eine größere Partie von grobkristallinem Bleiglanz auf. Selten gewahrt man im Erz Ausscheidungen von Kalkspat mit Flußspat und Chlorit, die Haufwerke von deutlich zerdrücktem und teilweise zu feinstem Staub zerriebenem Magnetit umschließen. Hier ging eine Zerbrechung und Zerkleinerung primärer Magneteisenerzlagen der Zufuhr von kohlensaurem Kalk und Fluorkalzium voraus, die das Zerreibsel verkitteten. Ebenso wichtig in genetischer Beziehung ist das fragmentäre Auftreten des Granates inmitten des flußspatreichen sulfidischen Erzgemisches, wobei Granatbruchstücke zuweilen von grobblättrigem Bleiglanz umgeben, außerdem aber von feinen Trümchen des Erzes durchzogen werden. G. Nordenström beschreibt von Kallmora auch aufgewachsene Kristalle von Magnetit, der hier also auch als sekundäre Neubildung vorkäme.

In den oberen Teufen traf man innerhalb der hier mürben, schon etwas zersetzten Bleiglanzmittel zahlreiche Trümer und Nester von Kalkspat mit asphaltartigem Anthrazit an und zwar in Stücken bis zu 500 ccm. An Belegstücken, die unsere Sammlung den Freiberger Hütten verdankt, sieht man die Körnchen und Klumpen des Anthrazites vom Kalkspat nicht nur umschlossen, sondern auch netzartig durchädert. Übrigens steht dieses sonderbare Vorkommen im Norberger Bergrevier nicht allein da. Auch auf Moosgrufva und Kilgrufva sind nach A. Helland asphaltartige Massen inmitten des Erzes, dort des Eisenerzes, vorgekommen.

So scheinen also zu Kallmora Magnetit und Granat ältere Bestandteile zu sein, während Bleiglanz, Kupferkies, Arsenkies, Flußspat, Kalkspat und Asphalt erst später, nachdem tektonische Störungen eingetreten waren, eingewandert sind. Erstere ent-

standen gleichzeitig mit dem Nebengestein in seiner jetzigen metamorphen Erscheinungsweise, letztere sind diesem von Haus aus fremd.

Die Gesamtförderung an Bleierzen von Norbergs Gruben betrug von 1891 bis 1895 im Jahresdurchschnitt 6661 t. Die Erze werden zurzeit in Sala verhüttet. Früher gingen sie nach den Freiberger Hütten.

2. Die Zinkblendelagerstätte vom Schneeberg bei Sterzing.

Die Mischung von Sulfiden mit oxydischen Erzen und Silikaten findet sich wieder bei einer Anzahl von Vorkommnissen der österreichischen Alpen, besonders bei dem vom Schneeberg bei Sterzing, das allerdings von manchen Beobachtern direkt als Lagergang aufgefaßt wird.

Das Gebirge am Schneeberg bei Sterzing, südlich von Innsbruck in Tirol[1]), gehört der Schieferhülle des alpinen Zentralgranites an, der unten im Passeier Tal aufgeschlossen ist, und besteht aus Glimmerschiefern mit Granat, Staurolith, Sillimanit, Chloritoid und Feldspat, sowie aus Gneisen. Außerdem finden sich Einlagerungen von verschieden ausgebildeten Amphiboliten, von Kalzit-Muskovitschiefern, Kalzit-Biotitschiefern, Quarzit und Dolomit. Im Dolomit der Mahrer Weißen sind nach E. Weinschenk Crinoidenfunde gemacht worden.

Die den Glimmerschiefern des Schneebergtales eingeschaltete Lagerstätte hat eine sehr schwankende Mächtigkeit, im Mittel 1,3 m, im Maximum 15 m, und ist auf 800 m im Streichen, über 300 m im Fallen verfolgt worden. Sie besteht aus einem völlig der Schichtung konkordanten Hangendtrum und einem jene vielfach überschneidenden Liegendtrum, die beide durch ein Quertrum, eine echte Spaltenfüllung, in Verbindung stehen. B. Granigg erklärt die Lagerungsformen durch die Annahme, daß die ursprünglich die Schichtung schräg überschneidende Lagerstätte im Liegenden, ein normaler Gang, durch eine in der Richtung ihres Streichens wirkende Kraft gefaltet worden sei. Als Folge dieser Faltung entstand die Tatsache, daß die Schiefer jetzt bald konkordant zur Liegendlagerstätte liegen, bald spitz-, ja rechtwinklig von ihr abgeschnitten werden.

---

[1]) K. Frhr. v. Beust. *Über die Erzlagerstätte vom Schneeberg usw.* Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst., 1870, 20. Bd., 4. H. — Derselbe. *Die Erzlagerst. vom Schneeberg usw.* Österr. Z. f. B. u. H., 1871, S. 201. — F. Pošepny. *Über die Lagerstätte am Schneeberg in Tirol.* Österr. Z. f. B. u. H., 1879, S. 106. — A. v. Elterlein. *Beiträge zur Kenntnis der Erzlagerstätte des Schneeberges usw.* Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst., 1891, S. 289—348. — E. Weinschenk. *Erzlagerstätte des Schneeberges in Tirol usw.* Z. f. pr. G., 1903, S. 231—236. — B. Granigg. *Ein Beitrag zur K. der Tektonik der Erzlagerst. am Schneeberg bei Sterzing in Tirol.* Österr. Z. f. B. u. H., LV, 27, 1907, S. 329—334, S. 341—344, S. 360—363. Mit Taf. V. u. VI.

Ihre Hauptbestandteile sind unter den Erzen: Zinkblende und silberhaltiger Bleiglanz, die sich nach v. Beusts Schätzung in ihrer Menge wie 10 : 1 verhalten, unter den Gangarten aber Quarz und Breunnerit.

Außerdem finden sich darin von Erzen: Magnetkies, Eisenkies, Arsenkies, Kupferkies, Boulangerit, Silberglanz, Antimonfahlerz, gediegen Silber, sowie Magnetit, Titaneisenerz und Brauneisenerz; von Gangarten: Kalkspat, Dolomit, Flußspat, Apatit, Granat, Strahlstein, Chlorit, Biotit, Muskovit und endlich Zersetzungsprodukte der Erze.

Das stark gepreßte unmittelbare Nebengestein, der „Gangschiefer", führt als deutliche sekundäre Imprägnationen viel eingesprengten Magnetkies und Arsenkies, sowie Zinkblende und als Begleiter Karbonspäte.

Die Lagerstätte vom Schneeberg wurde durch v. Beust als ein Lagergang, von Pošepny als eine metasomatische, durch Verdrängung eines Anhydritlagers entstandene Bildung, durch v. Elterlein, sowie auch durch E. Weinschenk wiederum als Gang aufgefaßt. Die Pošepnysche Hypothese ist hinfällig, da im dortigen Gebirge gar keine Anhydritlager vorkommen.

Für die Gangnatur führte v. Elterlein mit Recht an: 1. die oft ausgesprochene Symmetrie in der Reihenfolge der die Lagerstätte zusammensetzenden einzelnen Lagen, 2. das erwähnte Überschneiden der Schichtung des Nebengesteins, 3. das Vorhandensein des deutlichen Quertrums und 4. das Vorkommen von Kokardenerzen, d. h. von durch Erzlagen umkrusteten Fragmenten des Nebengesteins. Rätselhaft bleibt bei Annahme der Ganghypothese nur die für echte Gänge unerhörte Beteiligung von Hornblende und Granat, wie auch von Titaneisenerz, Glimmer und Apatit. Wie Weinschenk bemerkt hat, sind übrigens diese Beimengungen räumlich von der eigentlichen sulfidischen Gangmasse ziemlich geschieden. Sie gehören mehr dem quarzigen Salband an oder bilden Nester und Putzen inmitten des Erzes.

Als Gang aufgefaßt, würde die Lagerstätte, von diesen abnormen Gangarten abgesehen, der karbonspätigen Bleierzformation angehören.

Der Schneeberger Bergbau begann in den 60er Jahren des 15. Jahrhunderts und war anfangs wesentlich auf Silber gerichtet, das der Bleiglanz enthält. Nach langer Ruhe seit den 70er Jahren des 19. Jahrhunderts wieder aufgenommen, geht er jetzt nur den reichen Zinkblendemitteln nach, deren Abbau nach Einführung einer magnetischen Aufbereitung sich lohnend erwies. Die Schneeberger Zeche in 2232 m Meereshöhe ist seit dem Auflassen des oberen Rauriser Goldbergbaues die höchstgelegene Grube Europas.

Der von Sterzing ganz ähnliche Lagerstätten hat R. Canaval[1]) von mehreren Punkten in Kärnthen beschrieben. Wir können nur ein paar davon kurz erwähnen:

Im Lamnitz- und im Wellatale sind den dort herrschenden kristallinen Schiefern 0,3—3,7 m mächtige Kieslager eingeschaltet, die Hornblendeschiefer zum Hangenden, Granatglimmerschiefer zum Liegenden haben. Die Lager bestehen aus Pyrit, dem Quarz, Magnet- und Kupferkies, Zinkblende und etwas Bleiglanz bei-

---

[1]) R. Canaval. *Zur Kenntnis der Erzvorkommen des Lamnitz- und Wellatales in Kärnthen*. Carinthia II, Nr. 5, 1898.

gemengt sind. Auch werden Uralit, Tremolit, Zoisit, Biotit, stengelige Hornblende, Titanit, Albit und Kalzit erwähnt.

An der „Knappenstube" bei Oberdrauburg kennt man ein Lager[1]), das vorwiegend aus Pyrit, Magnet- und Kupferkies und untergeordnetem Arsenkies, Bleiglanz und Zinkblende besteht und als Lagerarten Quarz, Albit, Labradorit, Muskovit, Biotit, Augit, Epidot, Zoisit, Titanit, tremolitartige Hornblende, Rutil, Ankerit, Kalzit und graphitische Substanz führt. Der Arsenkies enthält Gold bis 104 g pro t.

Nur kurz erwähnt sei das u. a. Granat führende Kieslager von Lading[2]).

8. Die Kupfererz führenden Sjangelischiefer.

Eine vorläufige Stellung mögen hier endlich die merkwürdigen Kupfererzlagerstätten von Sjangeli im schwedischen Lappland dicht an der norwegischen Grenze im SW. vom Torneå Traesk finden, die noch der Ausbeutung harren. Es sind zoisitführende Hornblendeschiefer, die als eingesprengte Körnchen, Schmitzen oder kleine Linsen, zum Teil aber auch in Gestalt von Trümern, Buntkupfererz und Kupferglanz nebst wenig Kupferkies führen. Diese sulfidischen Erze werden von Magnetit begleitet. Über die Geologie dieser Gegend vergleiche man die vorläufige Mitteilung von W. Petersson[3]).

Im Anschluß hieran mögen die Kupferkies führenden Fahlbänder von Nautanen in Norrbotten erwähnt werden.

β) Epigenetische Erzlager von sulfidischen Erzen.

I. Zinkblendelager.

1. Die Zinkblendelager von Åmmeberg in Schweden.

Die Zinkgruben von Åmmeberg[4]) liegen unweit vom Nordende des Wettersees im Bezirk Örebro.

Das Nebengestein der Lager ist ein feinkörniger, grauer Biotitgneis, der im N. an einen roten, feinkörnigen Biotitgneis (Röd granulit), im S. an einen oft mit Feldspataugen versehenen, flaserigen Biotitgneis angrenzt (siehe die Kartenskizze in Fig. 210). Als untergeordnete Ein-

---

[1]) R. Canaval. *Zur Kenntnis der Erzvorkommen in der Umgebung von Irschen und Zwickenberg bei Oberdrauburg in Kärnthen.* Jahrb. d. naturh. Landesmus. f. Kärnthen, 1899, 25. H.

[2]) Derselbe. *Über das Kiesvorkommen von Lading.* Jahrb. d. naturh. Mus. von Kärnthen, 26. H., 1901.

[3]) W. Petersson. *Om de geologiska förh. i trakten omkring Sjangeli kopparmalmsfält i Norrbottens län.* Geol. För. Förh. XIX, 1897, p. 296—306.

[4]) B. Turley. *Der Zinkbergbau der Altenberger Gesellschaft bei Åmmeberg in Schweden.* B. u. H. Z., 1866, S. 405 ff. Mit Fig. — A. E. Törnebohm. *Beskrivning till Bl. No. 7 af Geolog. Öfversigtskarta öfver Mellersta Sveriges Bergslag.* 1881, S. 31 ff.

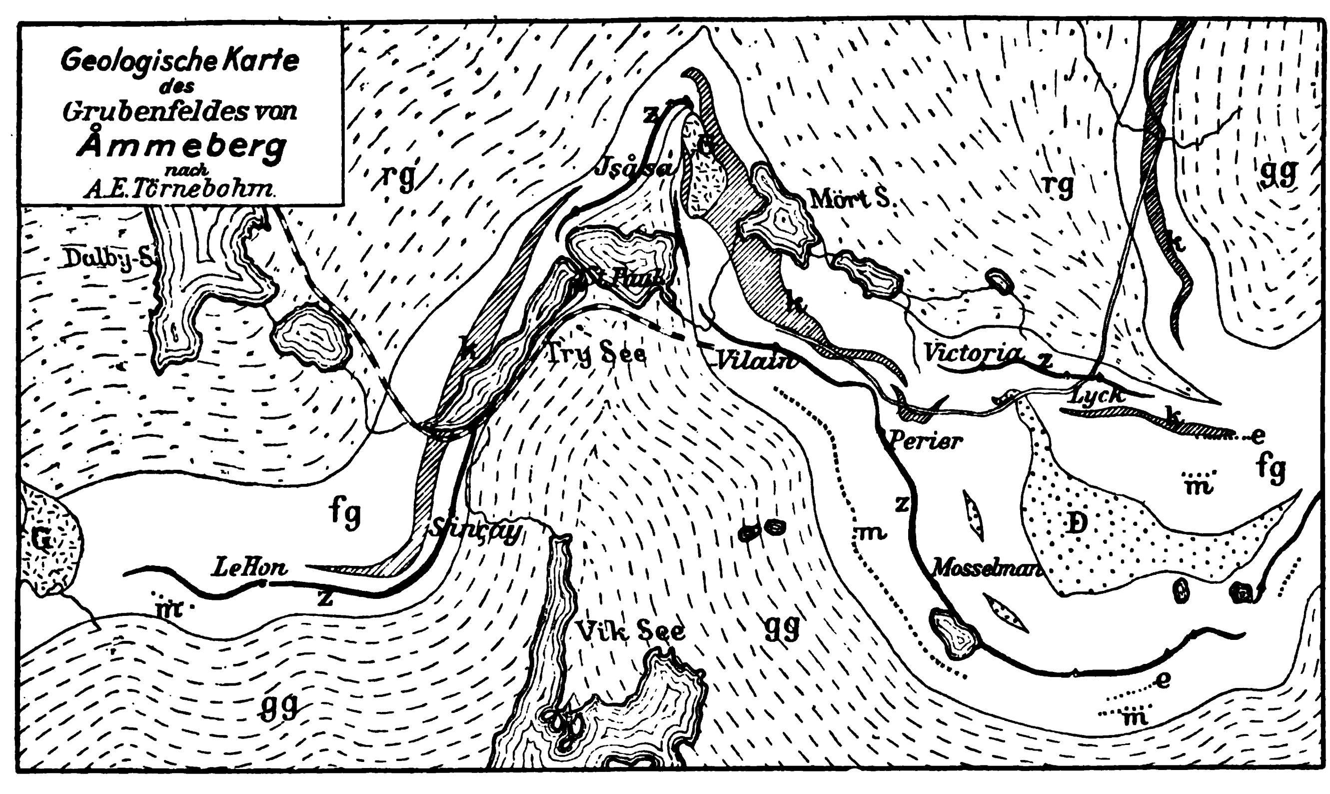


Fig. 210. Erklärung der Zeichen:
rg roter, feinkörniger Gneis, *fg* feinkörniger, grauer Gneis, *gg* grobkörniger, grauer Gneis, *k* Kalkstein, *e* Eklogit, *G* Granit, *D* Gabbrodiorit, *s* Zinkblende, *m* Magnetkies. ⊙ Schacht.

lagerungen inmitten der steil aufgerichteten Gneise finden sich Lager von kristallinem Kalkstein und in deren Nachbarschaft zwei Blendelager. Beide machen die jähe Wendung im Streichen nördlich vom Trysee mit, die hier die Gneise erfahren. Die Schichten verlaufen hier im W. nach NNO., im O. nach SSO. Nahe an dieser Umbiegungsstelle durchbricht ein Stock von mittelkörnigem Granit die Schichten, während im östlichen Revierteile eine Gabbromasse (Gabbrodiorit) mehr dem Streichen sich einordnet.

Von den beiden Blendelagern hat das weiter nördlich gelegene mit der Viktoria- und Lyck-Grube mindere Bedeutung. Das zweite, das Hauptlager, ist auf der anderen, der hangenden Seite des Kalksteins gelegen und von mehreren Schächten aus in Angriff genommen, unter denen die wichtigsten, der Reihe nach von W. nach O. genannt, folgende sind: Le Hon, Sinçay, Sct. Paul, Vilain, Perier, Mosselmann. Durch das erwähnte Granitmassiv am Trysee erleidet das Lager wahrscheinlich eine Unterbrechung. Abgesehen von dieser kann es auf gegen 5 km verfolgt werden. Es besteht aus reihenweise aufeinander folgenden linsenförmigen Körpern, weshalb auch die Mächtigkeit eine sehr schwankende ist, meist jedoch zwischen 4—6, ausnahmsweise bis 12 m erreicht. Die nördliche Grenzfläche — auf den Gruben hangende Grenze genannt — gegen den grauen feinkörnigen Gneis pflegt scharf ausgebildet zu sein und sich glatt abzulösen. Nahe der liegenden Grenze schiebt sich bisweilen ein Zwischenmittel von einem schön geschichteten, auf dem Querbruch gebänderten Wollastonitgestein ein. In einem Tagebau nahe bei Perier folgt hinter diesem Zwischenmittel noch einmal eine etwa 40 cm mächtige Erzschicht, dann erst das eigentliche Liegende. Dieses wird gebildet von einem an Magnetkies sehr reichen glimmerigen Skarn, worunter ein heller, gebänderter Kalksilikatfels folgt, der hauptsächlich aus Wollastonit besteht, auch Lagen von kristallinem Kalkstein einschließt. Dann erst grenzt ein feinkörniger Biotitgneis an, der in einzelnen glimmerarmen Lagen sehr granulitähnlich ist. Die Erzmasse des Lagers selbst weist ebenfalls ganz ausgezeichnet deutlich eine lagenförmige Schichtung auf, wobei mit den eigentlichen Erzschichten auch taube oder erzarme Lagen von Wollastonitfels oder feinkörnig-schuppigem Gneis abwechseln. Vielfach sind einzelne Bänder des Lagers sehr stark gestaucht und gewunden, während andere in unmittelbarer Nähe nur schwache Biegungen erkennen lassen. Die in Fig. 211 wiedergegebene Photographie einer Erzstufe zeigt auch im kleinen Maßstab diese starke Stauchung, die man im großen an der Firste der Grubenbaue herrlich überblicken kann.

An zahlreichen Stellen sieht man in den Gruben in und neben dem Lager pegmatitische Massen eingeschaltet, meist in der Form von Lagergängen, zuweilen scheinbar als ganz isolierte, der Schichtung mehr oder weniger parallele Klumpen, manchmal aber mit deutlich durchgreifender Lagerung. So wird das Lager zwischen Vilain und Perier einmal vollständig durch eine breite Pegmatitmasse abgeschnitten. Diese Pegmatite sind ziemlich grobkörnig und bestehen in der Hauptsache aus einem an der Luft sich grün färbenden Mikroklin und etwas Quarz, enthalten zuweilen auch schwarzen Turmalin. Außerdem beobachtet man deutlich Quergänge eines feinkörnigen Granites im Nebengestein. Diese und die Pegmatite hängen offenbar genetisch eng zusammen. Denn es finden sich derartige Granitgänge, die in der Mittellinie grobes



Fig. 211.
Stark gestauchte Partie des Blendelagers mit dunklen Bändern von der Zusammensetzung des grauen Gneises. $^1/_2$ der natürl. Größe.

pegmatitisches Korn annehmen. Zu erwähnen ist ferner noch, daß inmitten des Lagers bisweilen schmale Kalkspattrümer mit kleinen Nestern von Asphalt angetroffen werden und daß auf Spalten mehrfach Exhalationen von brennbaren Kohlenwasserstoffen statt hatten. Als Seltenheit wurden endlich Klüfte im Lager aufgefunden, die Bleche und zackige Klümpchen von gediegen Silber führten.

Die seigere Schichtenstellung hat in der Hauptsache bis jetzt auch in größeren Teufen (bis 200 m) ausgehalten, nur im südlichsten Feldteil biegt sich das Lager wieder auf.

In einer gewissen Entfernung wird das Hauptblendelager im Liegenden von einem vollständig parallelen Magnetkieslager begleitet, das allerdings meist nur eine mit dem Kies imprägnierte Gneislage darstellt.

Die Zinkgruben von Åmmeberg, schon seit länger bekannt, wurden im Jahre 1857 von der Gesellschaft „Vieille Montagne“ erworben, die seitdem dort einen bedeutenden Betrieb unterhält. Die Erze werden an Ort und Stelle geröstet und alsdann nach den belgischen Zinkhütten überführt. Während der Jahre 1891—95 wurden im Durchschnitt jährlich 23535 t Erz produziert.

2. Die Blendelagerstätte Långfallsgrube bei Rävåla in Schweden.

Långfallsgrube[1]) liegt südlich vom Vessmansee im W. von Ludvika in der Provinz Dalarne. Sie gehört der Bergwerksgesellschaft Saxberget.

Das 3—5 m mächtige, unter einer Diluvialdecke ausstreichende Lager ist, wie das beistehende Profil in Fig. 212 zeigt, konkordant kristallinen Schiefern zwischengeschaltet, die steil nach S. einfallen. Das herrschende Gestein unter diesen sind feinkörnig-schuppige Biotitgneise (Granulite der schwedischen Geologen), die auch das unmittelbare Liegende bilden. Im Hangenden dagegen erscheinen zunächst gegen 40 m mächtige Strahlsteinfelse, die zum Teil stark mit Blende und anderen Erzen imprägniert sind. Das eigentliche Erzlager wird vorwiegend aus Zinkblende zusammengesetzt, mehr untergeordnet aus Magnet-, Kupfer-, Eisenkies und silberhaltigem Bleiglanz. Die Verteilung dieser Bestandteile ist keine gleichmäßige, der Bleiglanz und der Magnetkies erscheinen vielmehr zu besonderen Partien gehäuft. Manchmal gewinnt auch der Kupferkies lokal die Oberhand. Immer bilden die Erze nur die mehr oder minder vorherrschende Zwischenmasse zwischen einem Haufwerk von offenbar stark korrodierten Büscheln und einzelnen Nadeln eines grünlichgrauen monoklinen Amphibolites. Daneben finden sich in dem Erzgemisch ferner noch stark korrodierte und mit Erz injizierte Reste eines zum Teil zersetzten, polysynthetisch verzwillingten Cordierites, sowie Körner eines grün durchscheinenden Spinells und solche eines rotbraunen Stauroliths. Nicht selten gewahrt man in dem Erz grobkörnig-kristalline, putzen- oder linsenförmige Ausscheidungen. Diese bestehen aus Quarz, Orthoklas, Plagioklas, Cordierit in einer blauen und einer grünlichen Varietät und aus grün durchscheinendem Spinell, der reihenförmig angeordnete Erzpartikel umschließt.

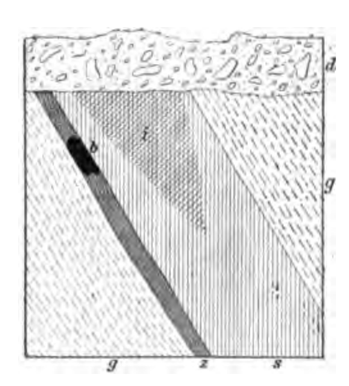


Fig. 212.
Profil durch das Erzlager von Långfallsgrufva bei Rafva.
s Strahlsteinfels, bei *i* mit Zinkblende imprägniert, *z* eigentliches Zinkblendelager, *b* an Bleiglanz und Magnetkies reiches Erzmittel im Blendelager, *g* feinkörnig-schuppiger Biotitgneis, *d* Diluvium.

[1]) R. Beck. *Über die Gesteine der Zinkblendelagerstätte Långfallsgrube* Tschermaks Min. u. petr. Mitt., Bd. XX, 1901, S. 382—389.

Dem grauen Strahlsteinfels sind Lagen zwischengeschaltet, die aus einer gewöhnlichen grünen, strahlsteinartigen Hornblende gebildet sind. Endlich sind inmitten des Erzlagers pegmatitische Gesteinskörper angetroffen worden, die einen grünen Orthoklas enthalten.

Die Grube wurde erst 1881 oder 82 fündig, und zwar war das Lager trotz seines verhältnismäßig geringen Magnetkiesgehaltes unter der Waldbedeckung doch magnetometrisch erschürft worden. Die Produktion im Jahre 1897 betrug 600 t zinkisch-bleiische Stufferze, 11000 t aufbereitete Erze, 109 t kupferige Stufferze, während die mit Magnetkies und Eisenkies imprägnierten Strahlsteine, die etwa 4000 t der Förderung ausmachen, keine Verwendung finden.

8. Die Zink- und Kupfererzlagerstätte von Orijärwi in Finnland[1]).

An das Vorkommen der Långfallsgrufva schließt sich in vielen charakteristischen Zügen dasjenige von Orijärwi an, welches wir wesentlich nach A. F. Tigerstedt und nach O. Trüstedt schildern wollen. Der Ort liegt etwa 30 km nördlich von der Küstenstadt Ekenäs am Nordwestufer des Orijärwi-Sees, im Kirchspiel Kisko der Provinz Åbo.

Die geologische Zusammensetzung der dortigen Gegend ergibt sich ohne weiteres aus der beistehenden Übersichtskarte in Fig. 213 S. 82.

Die Erzlagerstätte besteht aus einer ganzen Zone von Lagern, Stöcken, Nestern und kleinen Putzen mit eingesprengtem Kupferkies oder Zinkblende inmitten eines stark verquarzten harten Gesteines oder inmitten von Chlorit- und Strahlsteinschiefern, sowie kristallinen Kalksteinen. Diese erzführende Zone zieht sich unmittelbar an einem stark metamorphen Dioritgang hin. Die Grenze zwischen beiden wird als Verwerfung aufgefaßt, wie aus dem Tigerstedtschen Querprofil in Fig. 214 S. 83 hervorgeht.

Am reichsten an Körnchen und Trümchen von Kupferkies und Zinkblende ist der Kalkstein unmittelbar am Diorit. Diese beiden Erze werden von etwas Magnetit, Magnetkies, Pyrit und wenig Molybdänglanz begleitet und außerdem von zahlreichen Silikaten, unter denen

[1]) Aufsatz im russischen Gornij-Journal IV, 1839. — A. Nordenskiöld. *Beskrifning öfver de i Finland funna mineralier.* Helsingfors 1855. — J. Durocher. *Ann. des Mines.* XV. sér. 4. 1849, p. 314—316. — H. J. Holmberg. *Mineral. Wegweiser durch Finnland.* 1857. — Derselbe. *Materialier t. Finlands geognosi.* 1858. — A. F. Tigerstedt. *Praktiskt geologiska undersökningar vid Orijärwi grufvefält och kringliggande trakter* (Manuskr. im Bergmeisterarchiv zu Helsingfors). 1890. — Derselbe. *Om Finlands malmförekomster.* Vetensk. meddel. af geogr. fören. i Finland. 1893. — Derselbe. *Geologin.* 1893. — K. Ad. Moberg. *Industrie métallurgique et carrières.* Atlas de Finlande. Texte Fennia 17. No. 23. 1899. — O. Trüstedt. Freundliche Mitteilungen an den Verf. auf Grund eingehender Untersuchungen 1909.

besonders grüne Hornblende, lichtgrüne Pyroxene, Granat und Cordierit, dieser in schönen graublau durchscheinenden Individuen, hervorzuheben sind. Was die Entstehung anlangt, so scheint es zunächst nicht ausgeschlossen, daß die **Tigerstedtsche** Hypothese zutreffen möge, wonach

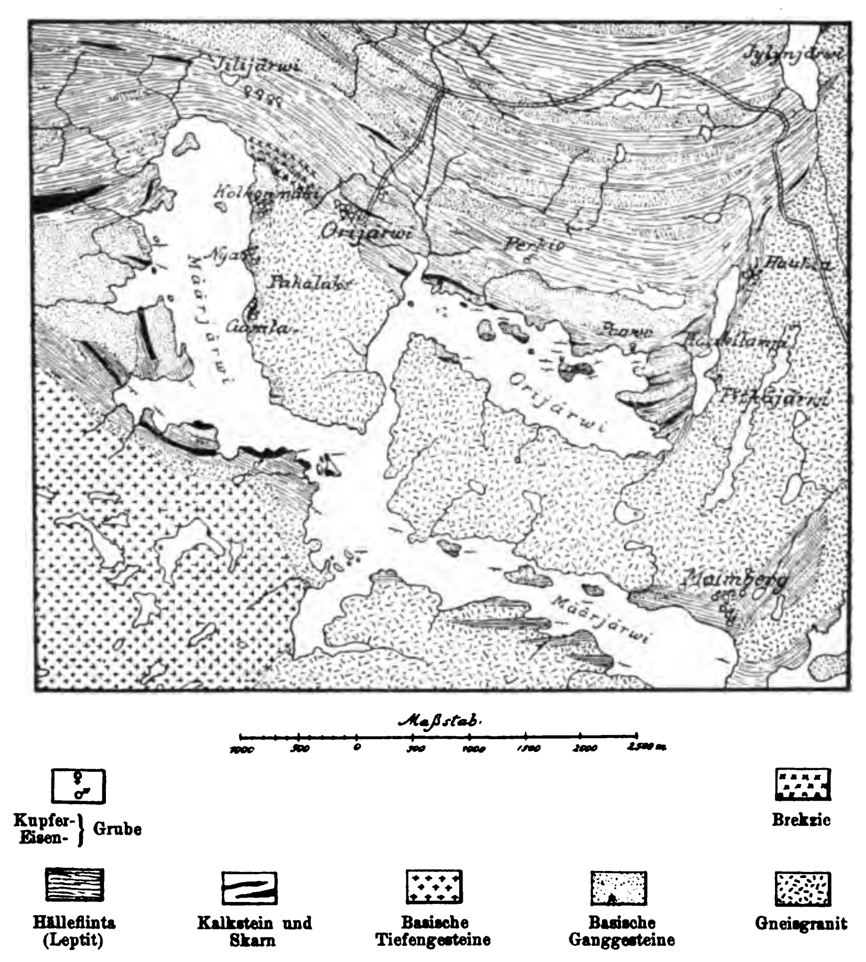


Fig. 213. *Geologische Kartenskizze des Gebietes von Orijärwi,* nach den Aufnahmen der Geologischen Kommission von Finnland gezeichnet von O. Trüstedt.

die Erze ursprünglich kontaktmetamorphe, und zwar wesentlich pneumatolytische Bildungen wären. Wie in vielen ähnlichen Fällen läßt sich aber auch hier der Einfluß der Kontaktmetamorphose kaum von dem der Regionalmetamorphose auseinander halten. Jedenfalls hat die

von **Trüstedt** durchgeführte mikroskopische Untersuchung gezeigt, daß die Erze in ihrer jetzt vorliegenden Form erst **nach** den gewaltigen Pressungen, denen alle dortigen Gesteine, die Hälleflinten (Leptinite), Diorite, wie auch die gneisartig gestreckten Granite, ausgesetzt waren, in die kalksteinreiche Gesteinszone eingewandert sind. Man findet

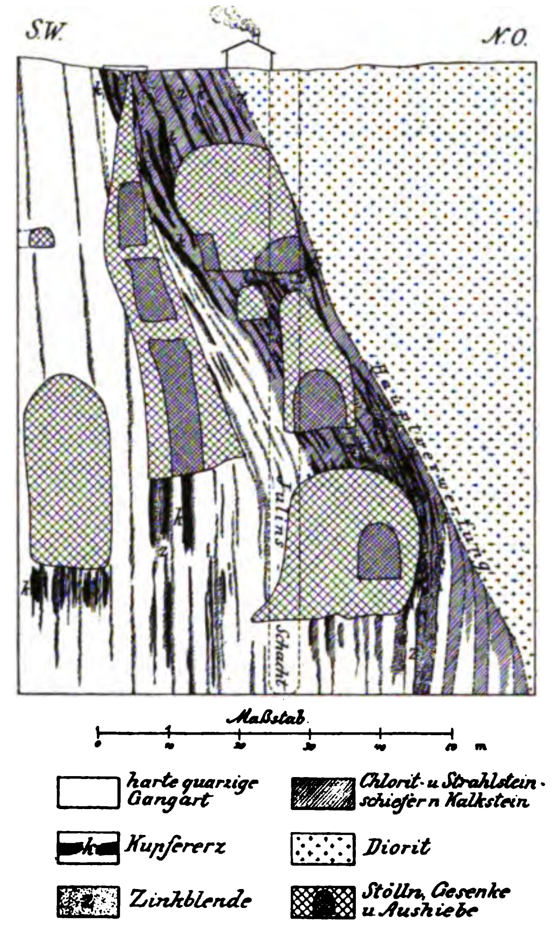


Fig. 214. *Querprofil durch die Lagerstätten von Orijärwi* nach A. F. **Tigerstedt.**

nämlich häufig kataklastisch veränderte Silikate und namentlich Reste von Kalkstein mit geknickten und verbogenen Zwillingslamellen innerhalb nahezu unveränderter Sulfidmassen, welche offenbar metasomatisch sowohl Kalk- als auch Silikatsubstanz verdrängt haben. Es liegt daher näher, die Erzbildungen mit den jüngeren, von Pegmatiten begleiteten, wenig deformierten Graniten in genetischen Zusammenhang zu bringen.

Diese treten östlich vom Orijärwi-See bis über den großen Lojo-See hinaus, sowie überhaupt im ganzen südwestlichen Finnland in großen Massen auf. Kupferkies, Zinkblende und Magneteisenerz kommen beiläufig auf der Hauptinsel des letztgenannten Sees ebenfalls hie und da in den Kalklagern vor, basische Eruptivgesteine fehlen jedoch in jenem Gebiete nahezu vollständig.

Orijärwi wurde in der Mitte des 18. Jahrhunderts durch Zufall entdeckt und hat bis zum Jahre 1882 im ganzen ca. 700 000 t Haufwerk gefördert, aus welchen ca. 200 000 t Hüttenerz mit durchschnittlich 2 % Cu sowie nicht unbedeutende Mengen von Exportzinkblende (35—40 % Zn) und -bleiglanz (10 % Pb mit i. M. 0,35 % Ag im Blei) gewonnen worden sind. Die Produktion an met. Kupfer betrug im ganzen 4350 t.

Wegen der außerordentlich großen Ähnlichkeit in der mineralogischen Zusammensetzung schließt sich an Långfalls und Orijärwi sehr gut das altbekannte Vorkommnis von Bodenmais an, obgleich dieses ja keine eigentliche Zinkerzlagerstätte ist und darum nicht ganz unter die vorangestellte Rubrik paßt.

II. Die Kieslagerstätten am Silberberg bei Bodenmais [1]) und von Åtvidaberg in Schweden.

a) Die Kieslager von Bodenmais.

Bodenmais ist ein Bergort am Südfuß des Arber, des höchsten Berges des Bayerischen Waldes, nahe der Station Zwiesel. Die Lagerstätten liegen in einer Zone von Biotitgneis, der durch einen großen Reichtum an akzessorischen Mineralien sich auszeichnet, wie an Granat, Cordierit, Sillimanit, rhombischen und monoklinen Pyroxenen, Zinkspinell und Titaneisenerz. E. Weinschenk faßt diese Gneise mit Recht als kontaktmetamorphe Gesteine auf, die der Intrusion des unmittelbar benachbarten Granites und einer Injektion mit granitischem

[1]) W. v. Gümbel. *Geogn. Beschr. des Ostbayerischen Grenzgebirges.* 1868, S. 548 u. 552. — J. Lehmann. *Entstehung der Altkristallinen Schiefergesteine usw.* Bonn 1884, S. 175—178. — E. Weinschenk. *Die Erzlagerstätten am Silberberg bei B. „Glückauf“.* 1898, Nr. 45, S. 4—9. — P. Wagner. *Die Kieslagerstätten von Bodenmais.* Naturw. Wochenschr., 1898, Bd. XIII, Nr. 25. — E. Weinschenk. *Der Silberberg bei Bodenmais.* Z. f. pr. G. 1900, S. 65—71. — Derselbe. *Die Kieslagerstätte im Silberberg bei Bodenmais.* Mit 4 Tafeln. Abh. d. k. bayer. Ak. d. W., II. Kl., XXI. Bd., II. Abt. 1901, S. 349—410. — Derselbe. *Die Erzlagerstätte des Schneeberges in Tirol und ihr Verhältnis zu jener des Silberberges bei Bodenmais im bayerischen Wald.* Z. f. pr. G. 1903, S. 231—237. — K. Gruber. *Der Schwefel- und Magnetkiesbergbau am Silberberge bei Bodenmais.* Mit 2 Tafeln. Ebenda. S. 339—348.

Magma ihre gneisähnliche Beschaffenheit verdanken. Ähnlich hatte sich früher auch schon J. Lehmann geäußert. Das Gestein ist stark gefaltet und enthält in den besonders stark zusammengepreßten Partien viele unregelmäßige, meist annähernd linsenförmig gestaltete Quarzaggregate. Nur wenige Meter vom Kontakt mit jenem Granit finden sich bloß schwache und arme Erzkörper, erst in etwas weiterer Entfernung liegen die größeren und reicheren. Gegen die Mitte der Gneiszone, die auch auf der andern Seite von Granit umschlossen ist, verschwinden dann nach dem genannten Autor die Erze vollkommen.

Die Erzkörper haben die Form sehr unregelmäßiger Linsen, die vielfach Ausläufer in das Nebengestein hinein senden. Ihr Durchmesser betrug im oberen Niveau nicht selten 8 m bei 10—20 m streichender Länge; stellenweise, wie im großen Barbaraverhau, stieg die Mächtigkeit sogar bis auf 16 m. Die Lager befinden sich in der Regel dort, wo das Nebengestein am meisten zerrüttet und besonders reich an Quarzlinsen ist. Sie treten übrigens nach W. in so verschiedenen Horizonten auf, daß die ältere Einteilung der Erzkörper in drei Züge nicht mehr gerechtfertigt erscheint.

Ihrer Zusammensetzung nach bestehen die Erzkörper vorwiegend aus nickelfreiem Magnetkies, Schwefelkies[1]), Kupferkies, Zinkblende und etwas silberhaltigem Bleiglanz, ganz lokal auch aus etwas Zinnstein. Wir beobachteten auch einzelne an Magnetit reiche Lagen. Die gegenseitigen Mischungsverhältnisse sind äußerst schwankend, immer aber walten Magnet- und Schwefelkies bei weitem vor. Die Erze bilden durchaus derbe Massen. Drusenräume fehlen fast vollkommen. In aufgewachsenen Kristallen finden sich nur sekundär gebildete Mineralien, wie Zeolithe, Spessartin (Mangan - Tonerdegranat), Vivianit, Gips, Schwerspat u. a. Eine eigentliche Gangart fehlt. Dagegen finden sich inmitten des Erzgemisches gerundete, wie angeätzt aussehende, vielfach aber ersichtlich peripherisch oder auch durchaus regenerierte Körner von Quarz, sowie auch von Cordierit, Feldspat, Andalusit, Zinkspinell, rhombischem Pyroxen und anderen Gemengteilen des umgebenden Gneises. Die Kerne dieser Körner haben dieselbe Beschaffenheit, wie die betreffenden Mineralien innerhalb des Gneises, die regenerierten peripherischen Zonen erweisen sich dagegen, wie E. Weinschenk nachwies, reich an tropfenförmigen Einschlüssen von Magnetkies und besitzen deshalb eine schwärz-

[1]) Eine durch Herrn Bergrat Schneider im Freiberger Hüttenlaboratorium ausgeführte Analyse des Bodenmaiser Schwefelkieses ergab auch einen geringen Gehalt an Edelmetallen, nämlich neben 0,136 % Cu auch 0,0042 % Ag, 0,0000345 % Au und sehr geringe Spuren von Pt.

liche Färbung. Zuweilen beobachtet man an den Erzkörpern eine Andeutung von bilateral symmetrischem Bau: Das Nebengestein unmittelbar am Salband ist oft reich an grobkörnigem, graugrünem Feldspat. Der Erzkörper selbst beginnt gewöhnlich mit einer dünnen Bleiglanzlage. Darunter folgt eine solche von Zinkblende, dann von Magnetkies und endlich der Kern mit gemischten Erzen. Nach W. trifft man hin und wieder auch Brocken des Nebengesteins in der Erzmasse, und auch um diese herum wiederholt sich die erwähnte Reihenfolge, so daß sich eigentliche Kokardenerze entwickeln.

Die in der Nachbarschaft der eigentlichen, sonst scharf abgesetzten Erzkörper nicht seltenen, mit Erz imprägnierten Nebengesteinspartien weisen nach demselben Autor häufig eine Mikrobrekzienstruktur (Kataklase) auf. Auf den mikroskopisch kleinen Klüften und Spalten dieser völlig zermalmten Aggregate haben sich die Erze und der Zinkspinell abgelagert. Hierbei scheint der Kupferkies unter den Erzen immer die letzte Ausscheidung zu bilden. Von uns selbst an Ort und Stelle entnommene und später eingehend untersuchte Proben solchen imprägnierten Nebengesteins, und zwar eines spinellreichen Biotitschiefers, zeigten die Blende vielfach als einen feinen Saum, der winzige Putzen von Magnetit und Magnetkies nebst Kupferkies umschmiegte. Die Kiese sind zwischen die Spaltblättchen der Glimmer eingedrungen, alles Strukturformen, die für eine wässerige Ausscheidung sprechen. Seltener setzen größere Abzweigungen der Erzkörper trumartig ins Nebengestein hinein und verlaufen hier in beliebiger Richtung zum Streichen und Fallen des Gneises. Sie durchsetzen auch noch die Quarzlinsen.

Die angeblichen blasigen und schlackenähnlichen Erzpartien E. Weinschenks dürften durch die sekundäre Auslaugung eines Gemengteiles entstanden sein, wie solches auch von anderen Lagerstätten bekannt ist, z. B. von Brokenhill.

Die Genesis der Bodenmaiser Kieslager ist von den verschiedenen Bearbeitern sehr verschieden aufgefaßt worden. Die meisten älteren Autoren hielten die Erze für gleichzeitig mit dem Nebengestein entstandene Gebilde. Davon kann nach dem Gesagten keine Rede mehr sein. J. Lehmann dachte sich die Erze eingewandert in Hohlräume, die nach Art der australischen Sattelgänge bei der Faltung der in der Verfestigung begriffenen Schichten sich gebildet hätten. Das Eindringen der Erzlösungen stellte er sich im unmittelbaren Gefolge der Granitintrusion vor. E. Weinschenk dagegen, der zwar die sekundäre Zuführung der Erze durch seine sehr eingehende Untersuchung ganz sicher nachgewiesen hat, läßt diese Zuführung nicht durch Lösungen, sondern mittels intrusiver Schmelzflüsse vor sich gehen, die im Gefolge der Granitintrusion sich eingestellt hätten. Die Andeutung von gut abgegrenzten Krusten verschiedenartiger mineralogischer Zusammensetzung ist indessen bei der Annahme eines Schmelzflusses schwer zu verstehen. Andererseits bieten die randlich angeätzten und teilweise regenerierten Quarze und Silikate für eine rein thermale Erklärung große Schwierigkeiten.

Wir halten die Genesis dieser Lagerstätte danach noch für unbekannt. Sie wurde nur vorläufig und mit Vorbehalt hier eingereiht.

Geschichtlich sei erwähnt, daß man zu Bodenmais ursprünglich nur auf den Eisenerzen des Eisernen Hutes und zwar bereits um 1364 Bergbau trieb. Erst seit 1463 wurden auf den Gruben Barbara und Gottesgabe auch Kiese gewonnen, die in der Hauptsache nur zur Vitriolbereitung gedient haben. Nach dem Mittel der letzten Jahre beträgt die heutige Erzproduktion des Silberberges jährlich gegen 20000 Meterzentner. Die Erze werden jetzt zur Herstellung von Eisenvitriol und feinem Polierrot verarbeitet.

b) Die Kupfererzlagerstätten von Atvidaberg und Bersbo in Schweden.

In mancher Beziehung ähneln der Lagerstätte von Bodenmais die Kupfererzlager von Åtvidaberg südlich von Norrköping in der mittelschwedischen Landschaft Östergotland. Während die dortigen Gruben jetzt auflässig sind, ist wenig weiter nördlich bei Bersbo noch jetzt Betrieb. Die Gegend wurde durch eine ausgezeichnete Arbeit von A. E. Törnebohm[1]) bekannt. Das Grundgebirge besteht dort aus älteren Graniten und Gneisen. Hierauf folgen Glimmerschiefer und „Granulite", das sind feinkörnig-schuppige, oft streifige Biotitgneise, endlich Diorite, porphyrische Gneise und Hornblendegneise.

Bei Åtvidaberg selbst besteht das 0,3—3 m mächtige Erzlager in der über 400 m tiefen Mormorsgrube wesentlich aus Kupfer- und Schwefelkies mit vielen oft von Erz ganz umhüllten Körnern von Quarz und Magnetit. Das Liegende bildet ein streifiger, turmalinführender, quarzreicher Gneis mit eingestreutem Kupferkies und Magnetit, das Hangende ein epidothaltiges Quarzglimmergestein. Weiter nach SO. hin folgen ähnliche Lager in den Hag-, Varp-, Malmviks-, Garpa- und Ängfallsgruben in der Umgebung des Glansees.

Bei Bersbo dagegen umschließt ein quarzreiches Kupfer- und Schwefelkieslager wie bei Bodenmais Cordierit und viel Spinell (Pleonast), außerdem Biotit, Granat und Hornblende. Neben den Haupterzen sind in geringerer Menge hier noch Magnetkies, Zinkblende und Magnetit zugegen. Im Liegenden und Hangenden befinden sich feinkörnige Gneise („Granulite"), die von granitischen Intrusionen durchsetzt sind.

---

[1]) A. E. Törnebohm. *Om de geologiska förhållandena i trakten kring Åtvidaberg och Bersbo.* Med karta. Taf. 16. Geol. För. Förh. Stockholm, VII, 1884/85, p. 562—597. — Man vergl. auch Nordenströms Katalog. *Mellersta Sveriges Grufutställning.* 1897, p. 13—16 und die petrograph. Notizen nach eingesandtem Material von A. Bergeat (Stelzner-Bergeat. *Erzlagerstätten.* II, S. 977). — Uns lag eine von Herrn Dr. O. Stutzer dort für uns gesammelte Suite vor.

III. Silber-Bleierzlager.

Die Erzlagerstätten von Brokenhill in N.-S.-Wales [1]).

Brokenhill liegt in dem Barrier Gebirge, das sich mit nordsüdlichem Streichen aus der wesentlich von Tertiär gebildeten, bis zur Küste ausgedehnten Ebene nördlich vom unteren Murray erhebt. Dieses mäßig hohe Bergland wird von kristallinen Schiefern unbestimmten Alters zusammengesetzt, die von Granitmassiven durchbrochen sind. Die Gegend ist bis auf die nur selten im Jahre Wasser führenden Täler höchst trocken und fast baumlos. Unmittelbar bei Brokenhill herrschen Gneise, Quarzite und Granatfelse in steil aufgerichteten Schichten, die von zahlreichen Gängen und Stöcken dioritischer Gesteine durchsetzt werden, wie das Profil in Fig. 215 zeigt.

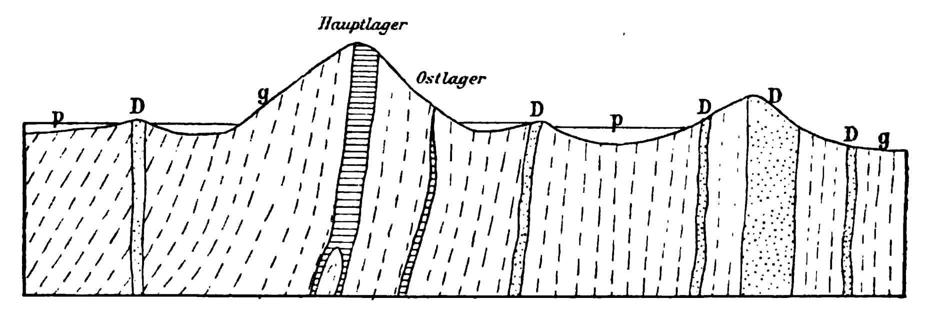


Fig. 215. *Profil quer durch den südlichen Teil des Brokenhiller Lagers* nach Jaquet.

g Gneise, Quarzite und andere kristalline Schiefer, *D* Diorit, *p* pleistocenes Deckgebirge.

Das durchschnittlich 18, stellenweise bis 30 m mächtige Hauptlager („Main Lode") von Brokenhill zeigt sich im Querprofil als ein nach unten zu in zwei Schenkel sich teilender, parallel den Schichten des beiderseitig angrenzenden granatreichen Biotitgneises eingeschalteter, lagerartiger Körper, der im Streichen auf 2,4 km Entfernung verfolgt werden konnte und als ein langgestreckter, schmaler, felsiger Hügelzug auf der Erdoberfläche erschien. Die durch den Bergbau zwischen den beiden Schenkeln aufgeschlossenen Schichten bestehen aus stark verquarzten, granathaltigen kristallinen Schiefern. In einiger Entfernung

[1]) Hauptwerk: Jaquet. *Geology of the Broken Hill Lode and Barrier Ranges Mineral Field.* Mem. of the Geol. Surv. of N. S. W., 1894. — G. Eisfelder. *Der Silber-, Blei- und Zinkbergbau von Brokenhill.* B. u. H. Z., 1898, Nr. 48—51. Mit geol. Übersichtskarte! — R. Beck. *Beiträge zur Kenntnis von Brokenhill.* Z. f. pr. G., 1899, S. 65—71.

vom Main Lode ist auf der Ostseite ein zweiter, nur unbedeutender lagerartiger Erzkörper den Granat führenden Gneisen eingeschaltet.

In seinem primären Zustand wird das Hauptlager von Brokenhill lediglich aus sulfidischen Erzen gebildet, die jetzt fast ausschließlich noch der Gegenstand der Gewinnung sind. Dieselben bestehen vorherrschend aus einem innigen Gemenge von silberhaltigem Bleiglanz und Blende mit einem eigentümlich graublauen Quarze, mit Granat und Rhodonit, sowie auch mit Flußspat. Unter diesen entzieht sich der Flußspat gewöhnlich der Beobachtung, nur ausnahmsweise kommt er in schon dem unbewaffneten Auge sichtbaren, meist farblosen oder

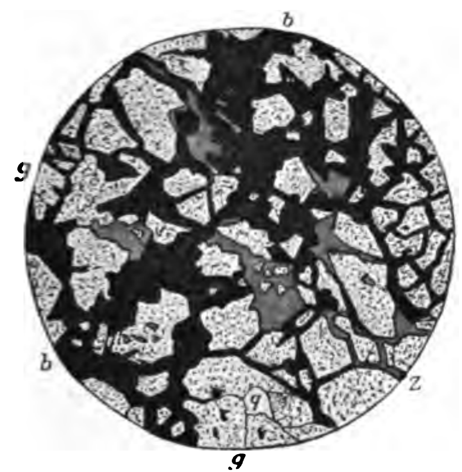


Fig. 216. *Mikrobrekzie von Granatfels* (50fache Vergrößerung) mit Erzen als Bindemittel.
g Granat, *q* Quarz, *b* Bleiglanz, *z* Blende.



Fig. 217. *Granat-Rhodonitaggregat mit eingewanderten Erzen* (50fache Vergrößerung).
g Granat, *r* Rhodonit, *f* Flußspat, *b* Bleiglanz, *z* Blende, *k* Kupferkies.

weißlichen Körnern, oder auch in bis 3 cm breiten, trumartigen Aggregaten vor. Minder häufig treten Kupferkies, Pyrit, Arsenkies und Kalkspat hinzu. Ganz besonders charakteristisch für diese Lagerstätte ist der Granat, der wohl keiner Stufe fehlt. Er bildet inmitten des Erzes zahllose kleine winzige Kriställchen, aber auch größere, wohlausgebildete Individuen, die mit Einschlüssen von Blende und Bleiglanz erfüllt sind. Daneben tritt aber der Granat als brekzienartig zerbrochene Granatfelspartien im Lager auf, wobei dann Bleiglanz und Blende das Bindemittel zwischen den Fragmenten geliefert haben (Fig. 216), endlich auch in größeren Granatfelsbruchstücken, die bisweilen von einem Saum sekundären Granates umgeben sind (Verf. gab hiervon Abbildungen

in der Z. f. pr. G.). Der Rhodonit zeigt sich nicht in allen Partien des Lagers. Wo er auftritt, findet man ihn in größeren, mit Granat verwachsenen, rötlichbraunen Aggregaten oder in stark korrodierten, von feinen Äderchen von Blende und Bleiglanz durchzogenen, isolierten Individuen inmitten der Erzmasse eingebettet (Fig. 217 S. 89).

Merkwürdig sind die Grenzverhältnisse zwischen dem Erzkörper und dem das unmittelbar Hangende bildenden, aus spangrünem Orthoklas, wenig Plagioklas, spärlichem grauem Quarz, gelbrotem Granat und dunklem Glimmer zusammengesetzten Gneis. Die vollständig schichtungslose Lagermasse bildet nach Jaquet besonders an der Westgrenze Bäuche, deren Konturen die Schichtung des Gneises überschneiden. Auch im kleinen läßt sich das nachweisen. Unmittelbar an den Gneis sieht man bisweilen zunächst eine besonders granatreiche Zone mit wenig Erz angrenzen, hierauf eine quarzreiche mit senkrecht zum Salband gestellten Quarzindividuen, endlich erst folgt das normale Erzgemisch, das viele splitterige Quarzfragmente umschließt.

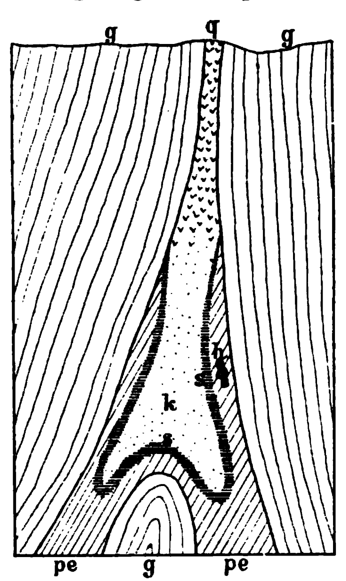


Fig. 218. *Ideales Bild der Erzverteilung im Ausgehenden des Hauptlagers von Block 10* nach Jaquet.

g Granatreicher Biotitgneis des Hangenden und Liegenden, *pe* primäre sulfidische Erze, *s* silberreiche sekundäre sulfidische Erze, *k* silberreiche Kaoline, *q* Quarzund Kaolin, reich mit Eisen- und Manganoxyden imprägniert, *h* Hohlraum.

Der durchschnittliche Gehalt des normalen sulfidischen Erzgemisches schwankte früher nach Jaquet in folgenden Grenzen:

Silber . .	0,15—11,19 kg p. t,
Blei . . .	7—50 %,
Zink . . .	14—30 %.

Eine sehr große Bedeutung sowohl in ökonomischer als auch wegen der interessanten Neubildungen in wissenschaftlicher Beziehung haben zu Brokenhill die zum Teil außergewöhnlich silberreichen Hutbildungen (siehe das Profil in Fig. 218).

Die beginnende Umwandlung der sulfidischen Massen bemerkt man zunächst daran, daß das Erz ein löcheriges, oft ganz schwammiges Gefüge annimmt infolge der Auslaugung der erwähnten Silikate. Eine Folge der Auslaugung von größeren Gesteinsfragmenten mögen die

Drusenräume sein, die man bisweilen im Erzkörper antrifft. Sie sind mit lose durch silberhaltigen Ocker verkitteten Quarz- und Granatfragmenten erfüllt. Mehr und mehr werden weiterhin auch die Erze von der Zersetzung ergriffen. Der Silbergehalt wird hierbei gewöhnlich erst zu sulfidischen, reichen Silbererzen konzentriert, die besonders gern Granatfels imprägnieren. In dieser meist nur schmalen, sekundären, sulfidischen Erzzone hat man bisweilen einen Gehalt an Silber von 7,77 kg p. t vorgefunden. Die Erklärung dieser sekundären Bildung von reichen Sulfiden ist in dem späteren Abschnitt über Hutbildung, Unterabschnitt Zementierungszone enthalten.

Hierauf folgen die sehr ausgedehnten oxydischen Erzmassen des eigentlichen Hutes. Sie bestehen in den tieferen Lagen aus sehr reichen Dürrerzen und aus karbonatischen Bleierzen. Erstere sind namentlich von den Chlor-, Brom- und Jodverbindungen des Silbers und mit gediegen Silber ganz imgrägnierte Kaoline und zersetzte Granatfelse mit Silbergehalten von 155 g bis 1,8 kg p. t. Letztere bestehen besonders aus mit Quarz und Ton vermengten Cerussiten, die ebenfalls mit Hornsilber und gediegen Silber, sowie mit manganhaltigem Eisenocker imgrägniert sind und 0,15—2,48 kg Silber p. t und 20—60 % Blei zu enthalten pflegen. Jodyrit, Kerargyrit und Embolit werden in diesen Regionen oft auch in guten Kristallen gefunden, auch Anglesit, Stolzit nebst Raspit, Pyromorphit, Smithsonit, schöne Stücken von gediegen Kupfer, Malachit, Azurit, Rotkupfererz, Chrysokoll und selten endlich das Marshit genannte Kupferjodid.

In den oberen Regionen endlich walten manganhaltige Eisenerze vor, eine Mischung von Brauneisenerz, Psilomelan, Quarz und Ton mit vielen Hohlräumen, oft schlackenähnlich entwickelt. Auch hier finden sich noch sekundäre Edelerze in einzelnen Kriställchen ausgeschieden, besonders in den Drusenräumen, von deren Decken mitunter Stalaktiten von Psilomelan, Limonit und Galmei herabhängen.

Die Genesis des Brokenhiller Hauptlagers ist ein sehr verwickeltes Problem.

Pittmann und Jaquet schlossen aus den Lagerungsverhältnissen, daß der Erzkörper von Brokenhill in erster Linie das Resultat einer großartigen Schichtenaufblätterung sei an der Umbiegungszone eines Sattels im Gneis. Bei der Aufreißung eines krummflächigen Hohlraumes im Faltengebirge muß es notwendigerweise zur Ablösung ganzer Schalen des Nebengesteins gekommen sein, und da eine scheuernde Bewegung zwischen dem Liegenden und Hangenden mindestens in kleinerem Umfange eintreten mußte, konnte auch die weitere Zerstückelung dieser Schollen vor sich gehen. Der teilweise mit Gesteinstrümmern erfüllte Raum konnte dann von den Erzen und den sie begleitenden Gangarten, wie dem Quarz, Flußspat und dem neugebildeten Anteile des Granates eingenommen werden. Ist auch diese Auffassung im allgemeinen uns die zurzeit am meisten wahrscheinliche, so ging doch andererseits aus unserer Be-

schreibung hervor, wie großen Umfang bei der Bildung dieser Lagerstätte neben der Füllung größerer Hohlräume auch der Prozeß des metasomatischen Ersatzes vorhandenen, geschichteten Gesteinsmateriales gehabt haben muß, und dies bewog uns, vorläufig Brokenhill nicht zu den echten Gängen, sondern hier im System einzureihen.

Unter den Silbererzlagerstätten des Barrier-Gebirges wurden zunächst die echten Gänge von Umberumberka fündig und zwar 1882, was zur Gründung von Silverton führte. 1883 suchte man am Brokenhill Lode vergeblich auf Zinnerze zu schürfen, fand dagegen später 1884 die ersten reichen Hornerze. 1886 wurde die Stadt Brokenhill gegründet, die schon 1889 an die 17000 Einwohner hatte, anfangs aber viel unter großen Dürren und störenden Arbeiterstreiks litt. Zahlreiche Gewerkschaften bauen auf der enormen Lagerstätte. Während der Jahre 1889 inkl. bis 1896 inkl. verteilte die Brokenhill Proprietary Company, die wichtigste der dortigen Gruben, 120 Mill. M. Dividende und produzierte 290000 t Blei, sowie $2\,^1/_4$ Mill. kg Silber. Der ganze Distrikt förderte monatlich 70000 t Erz. Die Jahresproduktion an Blei betrug 168000 t oder 27 % der Erdproduktion.

Betreffs der neuesten Statistik zitieren wir nach P. Krusch[1]), daß im Jahre 1905 die beiden großen Hütten dort, die der Brokenhill Proprietary Co. und die der Sulphide Corporation, zusammen 89308 t Rohblei, die erstere außerdem 155739 kg Silber ausbrachten. Das Erzlager in der Proprietary-Grube hatte auf der 330 m-Sohle 19,5 m Mächtigkeit bei einem Durchschnittsgehalt von 19 % Pb, 17 % Zn und 404,3 g Ag p. t. Die durchschnittlichen Silbergehalte der in derselben Zeit von drei anderen großen Gesellschaften geförderten Erze hielten sich zwischen 190 und 380 g Ag p. t. Seit Einführung der neuen magnetischen Aufbereitung kommt auch die Zinkblende dieser mächtigen Lagerstätte zur Geltung.

Außer dem Main Lode und Eastern Lode von Brokenhill finden sich im Barrier-Gebirge noch einige andere ähnliche Lagerstätten. So bauen die Pinnacles-Gruben[2]), 14 km im SW. der Stadt Brokenhill auf lagerartig und zwar ohne scharfe Begrenzung den Granat führenden Gneisen zwischengeschalteten Erzkörpern, die nach unseren Belegstücken aus silberhaltigem Bleiglanz und Magnetkies gemischt sind, daneben auch etwas Zinkblende, sehr wenig Antimonglanz, als Lagerarten Quarz, Granat und eine lichtbraune, strahlsteinartige Hornblende enthalten. Die Ansiedelung der Erze hatte hier anscheinend als Substrat ein Strahlstein-Granatgestein.

IV. Fahlbandartige Kupfererzvorkommen.

Wie schon I. S. 398 erwähnt wurde, führen die typischen Fahlbänder von Kongsberg auch eingesprengten Kupferkies. Solche Fahlbänder sind auch anderwärts bekannt. Wir geben einige wichtigere Beispiele:

1. Das Kupferkiesfahlband von Kopparstrand in Schweden.

Bei Kopparstrand unweit der Bahnstation Ånimskog am Westufer des Wener Sees in der mittelschwedischen Landschaft Dalsland wird in den Stora Strands Grufvor inmitten der präkambrischen phyl-

[1]) P. Krusch. *Unters. u. Bew. von Erzl.* 1907, S. 478.

[2]) Jaquet, a. a. O., p. 108.

litischen Schiefer ein Kupfererzfahlband abgebaut, das man im Streichen auf die bedeutende Länge von 25 km verfolgen konnte. Nach B. Thorkildsen[1]) ist das Profil des unter 47° geneigten Schichtenverbandes wie folgt, entwickelt: In dem meist bläulichgrau gefärbten phyllitischen Schiefer des Hangenden sind zwei Bänke von Quarzit eingeschaltet, eine rein weiße höhere und eine graue, stark kalkhaltige in etwas tieferem Horizont unmittelbar über dem Erzlager. Dieses letztere hat die sehr konstante Mächtigkeit von 0,5 m und wurde im Fallen durch Bohrungen bis zu 230 m Tiefe nachgewiesen. Es besteht aus einem Schiefer mit fein eingesprengten Kriställchen und Körnchen von Kupferkies, nur untergeordnet auch von Buntkupferkies und Kupferglanz. Dünne Häutchen von Molybdänglanz wurden als Seltenheit im Hangenden gefunden, zuweilen auch etwas Erdpech. Der Kupfergehalt ist am größten (1—5 %) in dem braun gefärbten liegendsten Teil des Erzlagers, in den oberen Teilen ist die Farbe mehr grünlich und der Gehalt geringer, in der Mitte 0,75—1 %, nahe am Hangenden nur bis 0,75 %. Unmittelbar unter dem Erzlager führt der hier wiederum folgende phyllitische Schiefer ein schmales Band mit eingesprengten Würfelchen von Pyrit.

Das Erzlager wird von einem ungefähr 10 m mächtigen Diabasgang durchsetzt.

Obwohl sich in der Nähe Quarzgänge mit Kupferkies, Buntkupferkies und Kupferglanz finden, konnte bis jetzt eine genetische Verbindung zwischen diesen und dem Lager nicht erwiesen werden.

2. Kupferkiesfahlbänder von Pyschminsko-Kluetschewskoi[2]).

Bei dem genannten, 13 km nördlich von Jekaterinburg im Ural gelegenen Platze findet sich zwischen Uralitporphyriten und Dioriten (Amphiboliten) eine Zone von Chloritschiefer, der Magnetitkristalle führt. Gewisse Bänke dieses Gesteins sind mit Kupferkies und Pyrit so stark imprägniert, daß die zur Hütte gelieferten Stufferze einen mittleren Kupfergehalt von 7 % aufweisen. Eine Erzzone, der sog. Wasilewski-Gang, hatte auf den 25—32 m Horizonten sogar 20%ige Erze geliefert, Die Erze sind zugleich goldhaltig (11 g p. t des 7%igen Kupfererzes). Bis zu 20 m Tiefe herrscht Malachit, von 20—30 m eine Mischung von

---

[1]) Briefliche Mitteilungen, die ich dem dortigen Herrn Bergingenieur verdanke.

[2]) V. Nikitin. *Recherches géol. dans les groupes centrales des domaines des usines de Verkh-Issetsk, dans les domaines Revdinsky et les territoires Mourzinsky.* Mém. Com. Géol. Nouv. Sér. Livr. 22, Sct. Pétersbourg 1907. — Freundliche persönliche Mitteilungen von Herrn A. Abrossimow.

oxydischen und sulfidischen Erzen; dann erscheinen die unzersetzten Kiese. Die reichste Lage ist in 13—17 m Tiefe angetroffen worden.

In derselben Schieferzone aufsetzende Quarzgänge sind erzleer.

Die Gruben haben 1907 13104 t Erz geliefert.

3. Kupfererzfahlbänder in Deutsch-Südwestafrika.

In Deutsch-Südwestafrika gibt es mehrere gute Beispiele: Nach F. W. Voit[1]) sind dort Eisen- und Arsenkies, Kupferkies und Kupferglanz fein eingesprengt oder auch in größeren derben Massen integrierende Bestandteile gewisser Schichten von Gneisen und Glimmerschiefern.

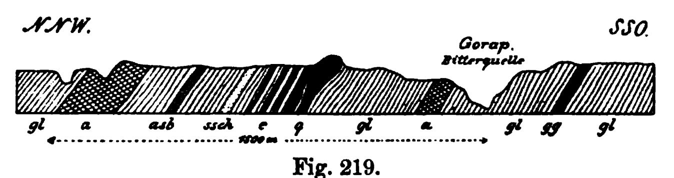


Fig. 219.

Profil durch die Kupfererzlagerstätten der Gorap-Grube.

gl Glimmerschiefer, *a* Amphibolit, *asb* Asbestlager, *ssch* Staurolithschiefer, *e* Kupfererzlager, *q* dunkler Quarzit, *gg* Graphitschiefer.

Meist handelt es sich nur um wolkig begrenzte Imprägnationszonen, zuweilen aber bilden sich auch papierdünne bis dickbankförmige Erzlagen oder Erzlinsen heraus. Hauptsächlich folgen die Erze gewissen

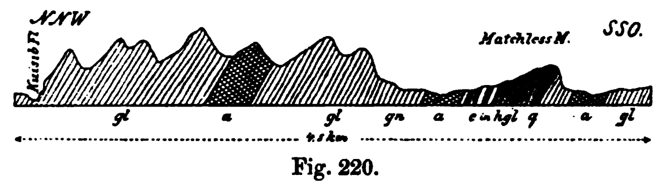


Fig. 220.

Profil vom Kuisib-Tal bis zu der Matchless-Grube.

gn heller Biotitgneis, *gl* Glimmerschiefer und grauer Gneis, *a* Amphibolit, *hgl* Hornblendeschiefer nebst Glimmerschiefer, *q* dunkler Quarzit, *e* zersetzter Schiefer mit Kupferkarbonaten.

Quarz- und Quarzitschichten, die ihrerseits die Nachbarschaft von Amphibolitgesteinen bevorzugen. Beispiele sind die Hope- und die Gorap-(Gorup-)Grube in OSO. von der Sandwich-Bai nördlich vom Kuisib und die Matchless-Grube in WSW. von Windhuk.

Die beiden Profile aus F. W. Voits Abhandlung geben eine gute Vorstellung von den Lagerungsverhältnissen dieser Fahlbänder.

Was die Erzführung anlangt, so ist das Erz der Gorap-Grube meist ein dichtes Gemenge von Brauneisenerz und Cuprit, sog. Ziegelerz,

---

[1]) F. W. Voit. *Beitr. zur Geologie der Kupfererzgebiete in Deutsch-Südwestafrika.* Jahrb. kgl. preuß. geol. Landesanst., XXV. Bd., 1904, S. 416 ff. mit Karten und Profilen.

durchzogen von dendritischen Kupferkarbonaten oder mit Tupfen von solchen gesprenkelt. Außer Azurit, Malachit und Chrysokoll bemerkt man auch ged. Kupfer und Volborthit. In größerer Tiefe erscheinen Kupferglanz, Kupferkies und Pyrit. Nach Schmeisser[1]) wiesen die Erze auch einen geringen Gold- und Silbergehalt auf (3 g Au und 150 g Ag p. t).

Bei der Matchless-Grube besteht die Imprägnation hauptsächlich aus Kupfer-, Eisen- und Arsenkies, die mitunter auch ganz kompakte Erzlagen bilden. Die sekundären Erze sind hier Kupferglanz, Buntkupfererz, Malachit und Brauneisenerz. In der Tiefe sollen vielfach Eisenerze an Stelle der Kupfererze getreten sein.

Bei Otjosongati östlich von Okahandja werden quarzige Kupfererzgänge (siehe I. S. 319) jedesmal veredelt, wenn sie solche Fahlbänder im dortigen Biotitgneis kreuzen.

Vielleicht gehören in diese Gruppe von Lagerstätten auch die Kupfererzvorkommen im Khangebirge 60 km von Swakopmund, die neuerdings wesentlich aus Kupferglanz und Buntkupferkies bestehende hochprozentige Erze geliefert haben (Schmeisser).

V. Kupfererzlager und reine Eisenkieslager, beide meist kurz Kieslager genannt.

Ebenso wichtig in wirtschaftlicher Beziehung, wie dunkel ihrer Entstehung nach sind die sogenannten Kieslager innerhalb des kristallinen Schiefergebirges, die auf das engste verwandt sind mit den genetisch ebenfalls noch unsicheren Kieslagern des nicht metamorphen paläozoischen Schiefergebirges (siehe weiter unten). Beide Gruppen bestehen in der Hauptsache aus schichtigen, im allgemeinen dem Nebengestein konkordant zwischengeschalteten Massen von hauptsächlich Schwefelkies neben wenig Kupferkies. Der letztere kann indessen auch gänzlich fehlen. Die Lagerstätten werden zumeist auf Kupfer, zum Teil auch nur zur Gewinnung von Schwefelsäure abgebaut. Im ersteren Falle pflegen sie selten mehr als 2—5 % Kupfer zu halten. Die Kieslager innerhalb der kristallinen Schiefer führen auch häufig anstatt eines Teiles oder des gesamten Schwefelkieses das minder geschwefelte Eisensulfid, den Magnetkies, was sich in einem etwas geringeren Schwefelgehalt der Erze, etwa 45 % bei den norwegischen Exportkiesen gegenüber den Erzen der reinen Schwefelkieslager mit etwa 50 % ausspricht. Da es feststeht,

[1]) Schmeisser. *Die nutzbaren Bodenschätze und die Entwicklung des Bergbaues in den deutschen Schutzgebieten.* Breslau 1908, S. 11.

daß während der Kontaktmetamorphose Pyrit in Magnetkies umgesetzt werden kann (Lossen, Beck, Vogt, Mügge) und ein ähnlicher Vorgang auch bei der so vielfach analogen Regionalmetamorphose wenigstens möglich erscheint, so ist es nicht ausgeschlossen, daß in manchen Fällen der Magnetkies während der Metamorphose der Lager und ihres Nebengesteines aus Pyrit entstanden ist, wie dies neuerdings F. Klockmann[1]) darlegte. Von anderen Erzen findet man in den Kieslagern des kristallinen Schiefergebirges mitunter noch Zinkblende und Bleiglanz, ganz selten wenig Arsenkies u. a. Magnetit tritt nur ausnahmsweise auf und dann meist nur spärlich, sehr selten in größerer Menge, wie an einem Punkte im Vigsnäs-Varaldsö-Feld. Von nicht metallischen Gemengteilen in dem Kies sind in erster Linie der Quarz, ferner Kali- und Magnesiaglimmer, lichtgrüne Hornblende, Anthophyllit, Chlorit, Chloritoid, seltener Cordierit, Granat und einige andere später bei den norwegischen Vorkommnissen anzuführende Mineralien zu nennen. Die Struktur der Erze ist gewöhnlich eine körnig-kristalline mit Neigung zur panidiomorphen Ausbildung der Pyrit-Individuen. Zuweilen besitzt sie unter dem Mikroskop gesehen den Charakter der Pflasterstruktur. Nicht selten werden größere scharfe Pyritkristalle ringsum von derbem Kupfer- oder Magnetkies umschlossen. Einige Kieslager erscheinen ohne die geringste Andeutung von Schichtung, andere zeigen Lagenbildung, vereinzelt tritt Brekzienstruktur auf, indem der Kies Gesteinsfragmente umschließt (Sulitelma, Klingenthal). Auch in der Mikrostruktur ist das zuweilen ausgesprochen.

Die Nebengesteine bestehen gewöhnlich aus Phylliten oder Glimmerschiefern, Chloritschiefern, Hornblendeschiefern, Quarzitschiefern, wohl auch gneisartigen Gesteinen. Einmal werden auch quarzitische Sandsteine und Konglomerate genannt (Liegendes am Mt. Lyell). Die kompakten Kieslager werden häufig im Liegenden oder Hangenden von Fahlbandzonen mit analoger Erzführung begleitet.

1. Die Kupfererzlager von Schmöllnitz in Oberungarn[2]).

Schmöllnitz liegt in einem tiefen Seitenzweige des Göllnitztales in einem aus Tonschiefern, Talk-, Chlorit- und Glimmerschiefern zusammengesetzten Gebirge mit steil nach SW. einfallenden Schichten.

---

[1]) F. Klockmann. *Einfluß der Metamorphose auf Kieslagerstätten.* Z. f. pr. G. 1904, S. 153—160.

[2]) A. Hauch. *Schmöllnitzer Hüttenprozesse (nebst geol. Einleitung).* Österr. Zeitschr. f. B. u. H., 1860, S. 269—271. — B. v. Cotta. *Vortrag.* B. u. H. Z., 1861, S. 151. — G. Faller. *Der Kupferbergbau in Schmöllnitz.* B. u. H. Jahrb. d. k. k.

Die Erzvorkommnisse sind auf eine etwa 360 m mächtige, graue Schieferzone beschränkt, die einem Komplex schwärzlicher, kohlereicher Schiefer eingeschaltet ist. Man hat zu unterscheiden linsenförmige Kiesstöcke und lagerartige Imprägnationen, welche letztere „Streichen" genannt werden. Drei solche mit Kies imprägnierte Schieferzonen, das Hangend-, Mittel- und Liegend-Streichen, sind bis in größere Teufe verfolgt worden, während die Kiesstöcke, der Hangendkiesstock, der Liegendkiesstock und der Engelbertkiesstock in geringerer Teufe schon sich auskeilen. Der größte Erzkörper ist der Liegendkiesstock, der im Streichen 420 m, im Fallen 142 m weit sich erstreckt und 42 m mächtig ist. Sämtliche Stöcke bestehen aus geschichtetem Eisenkies mit schmalen Lagen von Buntkupfererz und mit Nestern schmelzwürdiger Kupferkiese. Nach ihren Grenzen hin nehmen sie Tonschieferlagen auf. Die Lagerstätten werden von mehreren Verwerfungsklüften durchsetzt; so wird der Liegendstock von einer solchen um 20 m verworfen. Nach Steinhaus sollen die Erzzüge in der Nähe der Schläglergrunderkluft genannten Verwerfung am reichsten gewesen sein und sich ihr Adel entlang dieser in die Tiefe gezogen haben. Auch wird berichtet, daß dort, wo sich die Kiesstöcke auskeilen, ihre Zusammensetzung sich ändert. Das Erz wird kupferreicher und enthält Blende und Bleiglanz beigemengt.

Nach F. Schafarzik[1]) ist das Nebengestein der Lagerstätten teils schieferiger Porphyroïd (im Liegenden des Engelbert-St.), teils Tuffporphyroïd (stark gepreßter Porphyrtuff, wie im L. des Charitas-St.), teils graphitischer Ton- und Quarzschiefer.

Nur untergeordnet brechen zu Schmöllnitz auch silberhaltige Blei- und Kobalterze mit ein.

Schmöllnitz, dessen Bergbau bereits im 13. Jahrhundert begründet wurde, erzeugt jährlich etwa 90000 t Kies.

2. Die Kieslagerstätten in den Ostkarpathen.

Vor kurzem sind die etwas in Vergessenheit geratenen, aber bereits durch B. v. Cotta, B. Walter, W. Goebl u. A. beschriebenen Kieslagerstätten der Ostkarpathen durch erneute Aufschlüsse untersucht worden, worüber u. a. K. A. Redlich[2]) berichtet hat.

österr. Bergak., 1867, S. 193—197. — J. Steinhaus. *Der Kupfer- und Schwefelkiesbergbau von Schmöllnitz.* Ebenda. 1896, S. 267—320. — Fähndrich. *Der Schwefelkiesbergbau bei Schmöllnitz.* Z. f. d. B. H. u. S.-W. im preuß. Staat. 1898, S. 217—234.

[1]) F. Schafarzik. *Daten zur gen. Kenntn. des Szepes-Gömörer Erzgeb.* Math. u. Naturw. Ber. aus Ungarn. 23. Bd., 3. H., Leipzig 1905, S. 252.

[2]) B. v. Cotta. *Die Erzlagerst. der südlichen Bukowina.* Jahrb. k. k. geol. Reichsanst. VI, 1855, S. 119—222. — Derselbe. *Erzlagerstätten.* II, 1861, S. 280.

Bei Fundul Moldowi und bei Požoritta in der Bukowina zieht im Schiefergebirge ein bis etwa 40 m mächtiger und über 12 km langer Streifen von Serizit-Chloritschiefer hin, der oft rein weiße Serizit-Quarzlinsen enthält. Nach K. A. Redlich führt er einen dem Albit nahestehenden Feldspat, während das chloritähnliche Mineral sich als Stilpnomelan erwies. Auch grasgrüne Hornblende, Magnetit und Titanit sind darin zu erkennen. Diesem Schiefer ist eine mit Pyrit und Kupferkies imprägnierte Zone eingeschaltet (Lagerschiefer), die sich stellenweise zu kompakten Kupferkies-Pyritlinsen verdichtet. In 40 m Tiefe war man auf eine 1,3 m mächtige derartige Kieslinse gestoßen, deren Kupfergehalt in manchen Mitteln 8, ja 15 % betrug, nach der Tiefe hin aber abnahm bis zu 1 %. Diesen kupferarmen Kieslinsen ist man neuerdings wieder mit Erfolg nachgegangen und hat bedeutende Mittel vorgerichtet.

Redlich erwähnt noch eine ganze Reihe weiter abseits liegende, aber demselben Schiefer angehörige Vorkommnisse, unter denen auch solche mit Bleiglanz neben Kupferkies sich befinden, so im Kolbutal.

Im nordöstlichen Siebenbürgen sind ganz analoge Lagerstätten in der Nähe von St. Domokos bekannt, so besonders bei Balán. Sie werden von den meisten Autoren als direkte Fortsetzung der bukowinischen Zone aufgefaßt.

Noch sehr zweifelhaft in ihrer Stellung sind die an die Gesellschaft von Diabas gebundenen Pyritstöcke von Kazanesd im ungarischen Komitat Hunyad, die A. Lackner[1]) beschrieb.

8. Die Kupfererzlager von Graslitz in Böhmen[2]).

Die Kieslager vom Grünberg und vom Eibenberg bei Graslitz im westlichen Erzgebirge sind, gegen 10 an der Zahl, konkordant den flach nach

---

Mit ält. Lit. — B. Walter. *Die Erzlagerst. der südl. Bukowina.* Jahrb. k. k. geol. Reichanst. XXVI, 1876, S. 343—426. — W. Goebl. *Über das Kupferwerk Balán.* Österr. Ztschr. f. B. u. H. XXXIII, 1885, Ver. Mitt., S. 38—39. — K. A. Redlich. *Der Kiesbergbau Louisenthal (Fundul Moldowi).* Ebendort. No. 23, 1906.

[1]) A. Lackner. *Die Schwefelkiesgrube in Kazanesd.* Földtani Közlöny. XXXIV, 1904, S. 469—488.

[2]) B. v. Cotta. B. u. H. Z., 1869, S. 82—83. — C. Gäbert. *Die geol. Umgebung von Graslitz.* Mit 1 Spezialkarte. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst., 1899, 4. — *Erzlagerstätten zwischen Klingenthal und Graslitz.* Z. f. pr. G., 1901, S. 140—144. — R. Beck. *Kieslagerstätten im sächs. Erzgebirge.* Z. f. pr. G. 1905, S. 12—23, Fig. 1—11. — B. Baumgärtel. *Beitr. z. K. d. Kiesl. zw. Klingenthal und Graslitz.* Z. f. pr. G. 1905, S. 353—358. — O. Stutzer. *Alte und neue geol. Beob. an den Kiesl. Sulitelma-Röros-Klingenthal.* Österr. Zeitschr. f. B. u. H. 1906, Nr. 44, S. 1—6.

W. geneigten Quarzphylliten zwischengeschaltet, die dicht östlich davon vom Eibenstocker Turmalingranit in Fleckschiefer und Andalusitglimmerfels umgewandelt worden sind. Die 1—3 m mächtigen Lager repräsentieren, wie die verworrene Schichtung innerhalb derselben erkennen läßt, Rutschzonen im Phyllitgebirge, die eine nachträgliche Mineralisation erfahren haben. Als Beispiel möge das vom Verfasser genauer beschriebene Lager VI gelten, auf dem zurzeit hauptsächlich der Bergbau umgeht. Es ist durchschnittlich 1,5 m mächtig und hat zum Hangenden und Liegenden den gewöhnlichen Phyllit mit oder ohne Quarzlinsen, macht auch dessen zahlreiche Windungen mit. Der hangende Teil stellt eine stark zerrüttete, nicht scharf abgegrenzte Zone im Phyllit mit Schmitzen von Chloritoidphyllit dar. In dieser Zone bemerkt man zahlreiche, oft wunderlich gestauchte Quarzlinsen und viele Trümchen und Schmitzchen von Kupferkies, wenig Magnetkies und sehr spärlicher Blende, Arsenkies und Eisenspat. Der Kupferkies durchtrümert besonders gern die Quarzlinsen, sitzt auch in Kristallen auf Drusen innerhalb derselben. Der liegende Teil des Lagers dagegen besteht aus vorherrschendem Magnetkies mit wenig Kupferkies, zum Teil auch aus Pyrit. Der Magnetkies bildet entweder parallel der Schieferung dem Phyllit eingefügte Schmitzen, die sich oft gabeln, oder derbe Bänke mit wunderlich gestauchten, wie eingekneteten Einschlüssen von Schieferfetzen, Phyllit und Chloritoidphyllit, sowie von Quarzknauern. Der Pyrit zeigt dünnlagenförmige Wechsellagerung mit Phyllit und Chloritoidphyllit, welcher letztere auch etwas Magnetit einschließt.

Fig. 221, S. 100 gibt das photographische Bild einer angeschliffenen Erzstufe von Klingenthal mit eingekneteten Schieferfetzen.

Die Imprägnation mit Kiesen ist hier offenbar in einer besonders stark dynamisch beeinflußten Schieferzone erfolgt, und während der Ausscheidung der Kiese, die wir uns auf thermalem Wege erfolgt denken, dauerten diese Pressungen fort.

Eine abweichende Auffassung hat O. Stutzer vertreten, der die Kiese für magmatische Injektionen hielt und die beschriebene Einknetung als Fließstrukturen deutet. Eigentliche Gabbros, womit er diese sulfidischen Teilmagmen genetisch verknüpfen will, gibt es aber in Klingenthal nicht. Die amphibolitisierten Diabase im dortigen Phyllitgebirge sind nur wenig mächtige Gebilde. Auch dürfte die Bildung der dortigen Sulfiderze späteren Alters sein und mit der spätkarbonischen Intrusion des nahen Granites zusammenhängen. Im Jahre 1906 erzeugte der Klingenthal-Graslitzer Bergbau 11776 t Erze im Werte von K 115646.

Im Anschluß an die Graslitz-Klingenthaler Kieslager mögen auch die vom Verfasser an demselben Orte nach H. Müller beschriebenen merkwürdigen Kiesvorkommen von Elterlein erwähnt werden, die längst abgebaut sind. Diese bestehen aus körnigem Schwefelkies mit nur wenig Markasit, Blende, Kupferkies und Bleiglanz nebst Quarz und spärlichen Karbonspäten. Diese übrigens silberhaltigen „Kieslager" hatte schon H. Müller[1]) als echte Lagergänge erkannt, die für gewöhnlich alle die zahlreichen Windungen ihres Nebengesteins, des Glimmerschiefers, mitmachen, gelegentlich aber auch deren Schieferung überschneiden und



Fig. 221.
Angeschliffene Erzstufe von Klingenthal.
Die dunklen Partien sind Phyllitfetzen, die hellen bestehen wesentlich aus Magnetkies.

Seitentrümer in sie hineinsenden. Der Lagergang der Grube Kurprinz Segen Gottes ist dabei mehr im Fallen als im Streichen entwickelt, ähnlich wie viele norwegische Kieslager. Er wurde nur auf 120 m horizontale Länge, dagegen auf 240 m flache Teufe im Fallen abgebaut.

4. Die Kieslager von Chessy und von Sain-Bel (Rhône).

Die ehemals vielgenannte, jetzt völlig abgebaute Lagerstätte von Chessy nordwestlich von Lyon und die 10 km südlich davon gelegene Kieslagergruppe von Sain-Bel, die heute in lebhaftem Abbau begriffen

[1]) H. Müller. *Über die Erzlager im oberen Erzgebirge.* 1851, Akten d. Freiberger Bergak.

ist, gehören ein und derselben NS. streichenden Zone, jedoch verschiedenen geologischen Horizonten an.

Über Chessy[1]) möge das beifolgende, von L. De Launay nach älteren Angaben von Raby revidierte Profil Aufschluß geben. Danach unterschied man daselbst:

1. ein kupferhaltiges Schwefelkieslager inmitten von präkambrischen Pyroxen-Hornblendeschiefern (mine jaune);

2. Massen von Kupferschwärze (mine noire) und anderen oxydischen Kupfererzen (mine grise) inmitten einer Zersetzungszone, die jene Schiefer von dem längs einer steil einfallenden Dislokationskluft angrenzenden rhätischen Sandstein trennt.

3. Erzmittel von Rotkupfererz und gediegen Kupfer in der roten, lettigen Füllmasse jener Dislokation (mine rouge); von hier wohl die bekannten Pseudomorphosen von Malachit nach Kuprit;

4. Trümer, Konkretionen und Geoden von schön kristallisierter Kupferlasur in den rhätischen Sandsteinen und Tonen nahe der Verwerfung im Liegenden des infraliasischen Kalksteines (mine bleue).

Die unter 2—4 genannten Erzmassen sind wohl als sekundäre Bildungen aus der Zerstörung älterer Kiesmassen, wie 1, hervorgegangen.

Die Kieslager von Sain-Bel oder Sourcieux östlich der Brevenne lassen sich in ein Nordfeld und ein Südfeld gruppieren. Der Bergbau geht zurzeit nur im letzteren um, wo jährlich 320000 t sehr reiner Schwefelkiese gewonnen werden. Das Erz bildet nach De Launay innerhalb von Chlorit und Hornblendeschiefern mächtige Linsen, die in ihrer Gesamtheit einen etwa 2 km langen Zug darstellen. Der Grand Filon im Südfeld, auch Masse de Bibost genannt, ist einer der mächtigsten Kieskörper der Welt, da er eine Länge von 600 m, eine größte Mächtigkeit von 44 m (in 166 m Tiefe) besitzt. Diese einzige Linse hat bis jetzt bereits eine Erzmasse von ungefähr 5 Millionen t geliefert. Sie besteht aus dichtem, nicht geschichtetem Schwefelkies mit geringer Beimengung von Quarz. Andere Linsen, wie die Westlinse St. Antoine, enthalten auch etwas Kupferkies und Zinkblende. Mit dem Kupfergehalt stellt sich jedesmal ein erhöhter Kieselsäuregehalt ein und die Struktur wird eine lagenförmige. Zwischen den Kieskörpern und den Schiefern besteht, abgesehen von zahlreichen Gleitflächen, an den Grenzen völlige Konkordanz. Eruptivgesteine fehlen gänzlich.

5. Die Kupfererzlagerstätte von Falun.

Falu Grufva ist dicht bei der Stadt gleichen Namens am Nordende des Runn-Sees im südlichen Dalarne gelegen.

---

[1]) L. De Launay. *Die Schwefelkieslagerstätte von Sain-Bel (Rhône).* Z. f. pr. G., 1901, S. 161—170. Siehe auch B. v. Cotta. *Erzlagerstätten II.* 1861, S. 421, nebst älterer Literatur.

Die wissenschaftliche Erforschung dieses mächtigen Erzvorkommens hat schon sehr früh begonnen, begünstigt von dem dort sehr zeitig schon geführten guten Rißwesen. Hat man doch schon vom Jahre 1629 einen von Olof Hansson Swart herrührenden Grubenriß in Gestalt einer Horizontalprojektion 1 : 500. Unser modernes geologisches Wissen dieser Lagerstätte gipfelt in der hochbedeutenden Monographie A. E. Törnebohms[1]), deren Inhalt wir der folgenden Skizze zugrunde legen.

Das Grundgebirge, dem die Grube angehört, wird in der Hauptsache gebildet aus feinkörnigen, oft sehr glimmerarmen Biotitgneisen, die Törnebohm Granulit nennt, aus mittelkörnigen, grauen Gneisen und Granitgneisen nebst Glimmerschiefern, Quarziten, Hornblendeschiefern, körnigen Kalkstein- und Granat-Hornblende-Gesteinslagern (Skarn).

Die Lagerstätte selbst hat als eigentliche Grundlage einen grauen, mehr oder minder glimmerhaltigen Quarzit, der eine mächtige Einlagerung im grauen Gneise bildet. Neben den vorherrschenden Quarzkörnern führt er Biotit, Cordierit bezw. Falunit, Andalusit, Magnetit, Aktinolith und Anthophyllit. Gewisse stockförmige, übrigens ziemlich scharf vom tauben Gestein absetzende Partien dieses Quarzites enthalten in wechselnder Menge eingesprengt Kupferkies mit Magnetkies und Schwefelkies, sowie zuweilen etwas Zinkblende. Das so beschaffene sog. Harterz (hårdmalm), woraus etwa $^2/_3$ der ganzen Förderung bestehen, enthält im Durchschnitt 5—6 % Kupfer. Die besondere Verteilung des Erzes im Quarzit ist dabei die folgende: In der grauen, etwas fettglänzenden Quarzitmasse liegen ganz unregelmäßig angeordnet Putzen und Striemen des Erzes. Die größeren haben eine brekzienartige Struktur, indem mehr oder minder abgerundete Quarzitbrocken im Kies wie in einem Zement eingebettet erscheinen. Unter dem Mikroskop lassen die feineren Erzpartikel keine bestimmte genetische Sukzession erkennen. Sie schließen sich gegenseitig in allen möglichen Kombinationen ein und finden sich außerdem sowohl inmitten der Quarzkörper als auch besonders häufig zwischen ihnen. Doch bemerkt man, wie von den größeren Kupferkieskörnern zuweilen feine Äderchen in benachbarte Quarzkörnchen eingedrungen sind. Das Material für die jetzt vorhandenen geschwefelten Erze hat demnach, so folgert Törnebohm, bereits in der Ablagerung vorgelegen, bevor daraus durch irgend welche metamorphischen Prozesse der erzführende Quarzit sich bildete.

---

[1]) A. E. Törnebohm. *Om Falu Grufvas Geologi.* Med 8 Taflor. Geol. Fören. i Stockholm Förhandl. Bd. 15, H. 7, 1893.

Die brekzienartigen und gangähnlichen Bildungen, die im Harterz zuweilen auftreten, sind mehr sekundärer Entstehung, eine Folge späterer Druckwirkungen, wie sie im dortigen Gebirge so häufig sind.

Außer diesen mit Erz imprägnierten Quarzitmassen bilden aber vorzugsweise den Gegenstand des Bergbaus stockförmige Körper von derben Kiesen, die kurz als Kiesstöcke bezeichnet werden. Das Erz, woraus diese bestehen, wird Weicherz, „blötmalm", genannt. Es enthält durchschnittlich 2—3 % Kupfer. Auch diese Stöcke sind im Grunde nur mit Kies imprägnierte Quarzitpartien, aber die Imprägnation ist hier sowohl nach Quantität, wie nach Qualität eine von der des Harterzes abweichende. Übrigens findet man Übergänge von dem einen zu dem anderen in den sog. „halfhårda malmer", die bei der Prüfung unter dem Mikroskop sämtliche normalen Gemengteile des grauen Quarzites noch erkennen lassen. Die Zusammensetzung der derben Kiesmassen ist übrigens eine wechselnde. Man unterscheidet quarzigen, kalkigen und mit Strahlstein gemischten Kies in den Stöcken. Der quarzige Kies herrscht entschieden vor. Er ist im wesentlichen ein körnig-kristallines Gemenge von Schwefelkies und Quarz mit akzessorischem Cordierit, Anthophyllit, Magnetit, Kupferkies, Magnetkies, Zinkblende und selten auch Bleiglanz. Für die genetische Auffassung ist hierbei besonders wichtig, daß der Schwefelkies oft in kleinen Kristallen als Einschluß nicht bloß im Quarz, sondern auch im Cordierit und Anthophyllit vorkommt. Die übrigen Schwefelmetalle bilden gern das Füllmaterial zwischen Schwefelkieskörnern. Auch im Weicherz fehlen brekzienartige Strukturen nicht, wobei dann Kiesbruchstücke von Quarz umschlossen werden, dessen Körner wiederum Schwefelkieskriställchen beherbergen. Also hat nach den die Brekzie liefernden Druckwirkungen eine chemische Regeneration der Bestandteile des Erzes stattgefunden.

Der kalkige Kies enthält viel Kalkspat. Er ist offenbar ein Imprägnationsprodukt aus Kalksteineinlagerungen, wie sie in diesem Gebirgsteil vorkommen. Hingegen scheint der strahlsteinreiche Kies aus der Verkiesung eines Skarns hervorgegangen zu sein.

Faluns Kiesstöcke bilden zusammen einen ziemlich unregelmäßigen Komplex, als dessen Kern der Storgruben-Stock erscheint, während im SO. der Källorts-Stock, der Måns-Nils-Stock und der Drottninge-Stock sich anlegen, im W. der Schultz-Stock und der Kräftklo-Stock der Luisengrube entwickelt sind. Der Storgruben-Stock, der größte von allen, bildet einen nach der Tiefe zu sich verjüngenden Klumpen von 200 m im Durchmesser. Fast allseitig werden die einzelnen Kiesstöcke

von sog. Skölar umgeben. Unter einem sköl (Sing.) versteht der Faluner Bergmann dasselbe, was man im Harze eine Ruschel nennt, ein System von Parallelklüften, erfüllt mit zermalmtem, sowie chemisch umgewandeltem Material. Dieses ist seiner Beschaffenheit nach dementsprechend eng abhängig von der Natur des Nebengesteins. So unterscheidet man zu Falun Chlorit-, Talk- und Amphibol-Skölar, die an entsprechend verschiedene Gesteine angrenzen. Die Skölar haben meist einen bogenförmigen Verlauf, vereinigen sich und trennen sich wieder.

Diese mit Reibungsprodukten erfüllten Klüfte enthalten mitunter auch Erze „sköl malmer", und zwar haben sich gerade die reichsten Erzmittel hier gefunden. So kam das reichste Mittel von ganz Falun auf dem Knipps sköl vor. Es bestand aus dichtem, ganz reinem Kupferkies mit eingewachsenen Schwefelkieswürfeln. Immer aber kamen solche Funde nur in den oberen Teufen vor, was allein schon für ihre sekundäre Entstehung spricht.

Seit Oktober 1881, der Zeit, wo ein Knabe in Faluner Erzen Freigold entdeckte, werden auch besonderere Golderze gefördert, nachdem schon früher ein unbedeutender Goldgehalt der gewöhnlichen Kupfererze, 2—3 g p. t, bekannt gewesen war. Das Gold kommt in zarten, weißen Quarzschnüren vor, die an gewissen Punkten den hårdmalm durchschwärmen, immer in Gesellschaft mit einem Selen-haltigen Galenobismutit. Der gewöhnliche Selenmalm, wie das Golderz ohne sichtbares Gold genannt wird, hält 10—30 g Au p. t. Das reichere Golderz, worin man Gold schon mit bloßem Auge wahrnimmt, kann bis 100, ja 300 g p. t halten. Die reichsten Golderzmittel traf man in der Nachbarschaft eines durch viele Dislokationen ausgezeichneten Grubenraumes, Mencka vecket, und zwar besonders dort, wo im hårdmalm Diorite aufsetzen[1]).

Über diese und andere Eruptivgänge der Faluner Grube ist noch einiges hinzuzufügen: An zahlreichen Stellen wird der Quarzit durchsetzt von Gängen von Felsitporphyr, die gewöhnlich als gemischte Gänge entwickelt sind, insofern, als an jedem Salband schmale Nebengänge eines immer stark umgewandelten, im jetzigen Zustande dioritischen Gesteines die saurere Hauptmasse begleiten. Törnebohm schreibt sie verschiedenen Eruptionen zu. Da man aber neuerdings mehr zur Annahme einer gleichzeitigen Entstehung solcher Gebilde neigt, dürfte dies hier ebenso im Bereich der Möglichkeit liegen. Wie die schichtigen Gesteine, so sind auch diese gemischten Gänge und noch mehr eine Anzahl schmaler, selbständiger Dioritgänge in der

[1]) G. Nordenström. *Fynd af gediget guld i Falu grufva.* Geol. Fören. Förhandl. Bd. VI, S. 59. — Anhangsweise sei hier das Vorkommen von gediegen Gold mit Wismutglanz und wenig gediegen Wismut im Magnetit-Malakolithgestein einer kleinen Eisenerzgrube bei Västra-Malsjöberg in Schweden erwähnt (Th. Witt. *Sveriges Ädlare Malmer.* Falun 1906, p. 7).

mannigfachsten Weise gestaucht, gefaltet und verworfen. Ganze Gangabschnitte sind hierbei völlig aus dem Zusammenhang gerissen und zu ganz isolierten Klumpen zusammengeknetet.

Falu Grufva ist die älteste und bedeutendste Grube von ganz Schweden[1]). Der dortige Bergbau läßt sich bis zum Jahre 1220 zurückverfolgen, und schon aus dem Jahre 1288 kennt man eigentliche Urkunden, die sich auf „Stora Kopparberget", wie die Grube auch heißt, beziehen. Der Sage nach wurde ein Hirt auf das gerötete Ausgehende des Kieslagers aufmerksam, als er sah, wie ein Ziegenbock beim Wälzen auf dem Boden sich das Fell gefärbt hatte. Lange Jahre hindurch war Falun eine Gewerkschaft mit 1200 Anteilen, die größtenteils der Krone gehörten. Seit 1800 ist diese in eine Aktiengesellschaft, die Stora Kopparbergs Bergslags Aktiebolag, umgewandelt. Die große Pinge, Stöten genannt, unter der zum Teil im Bruch gebaut wird, bildete sich durch den Zusammenbruch ausgedehnter Weitungsbaue im Jahre 1687. Bekannt ist die Geschichte des 1670 im Mårdskins Schacht verunglückten, 50 Jahre später durch vitriolhaltige Grubenwässer konserviert wieder aufgefundenen Bergmanns Mats Jsraelsson.

Die durchschnittliche Jahresausbeute der Faluner Grube betrug Ende der 90er Jahre 400 t Kupfer, 200 kg Silber (herrührend von silberhaltiger Blende und Bleiglanz), sowie 80—90 kg Gold. Großartig war die Kupferproduktion früherer Zeiten, besonders im 17. Jahrhundert. Ums Jahr 1651 betrug sie 3066 t. Im ganzen schätzt man die Gesamtausbeute an Kupfer auf 500000 t, daneben auf 15 t Silber und 1 t Gold. Von diesem reichen Bergsegen bestritt Gustav Adolf zum größten Teil die Kosten seiner Kriegszüge.

6. Die norwegischen Kieslager[2]).

In vier verschiedenen Distrikten Norwegens finden sich Kieslager, die auf Kupfer abgebaut werden: 1. an der Westküste des südlichen Norwegens und besonders auf den ihr vorgelagerten Inseln; hierher gehören das jetzt verlassene, früher vielgenannte Vigsnäs und eine Reihe von Gruben auf Bömmelö und Varaldsö; 2. an der Westküste des mittleren Norwegens die unbedeutenden Gruben bei Grimeli; 3. im Trondjem Stift, besonders die Storwarts-, Kongens- und Mug-Grube bei Röros, die Gruben bei Meraker und im Foldal; 4. im Sulitelma-Gebiet im Nordland, nördlich vom Polarkreis.

[1]) Th. Witt. *Några tekniska och ekonomiska uppgifter rörande Falu Grufva.* Falun 1896.

[2]) A. Helland. *Forekomster af Kise i Norge.* Christiania 1873. — Nettekoven. *Mitt. über einen Besuch des Erzrevieres von Röros.* Z. f. B.-, H. und Salinenwesen im pr. St. 1885, Bd. 33, S. 79—87. — J. H. L. Vogt. *„Salten og Ranen".* 1890—91. Mit vollständigem Literaturverzeichnis auf S. 157. — H. Reusch. *„Bömmelöen og Karmöen".* 1888. (Vigsnäs). — A. W. Stelzner. *Die Sulitelma-Gruben im nördl. Norwegen.* Freiberg 1891. — Zusammenfassende Übersicht: J. H. L. Vogt. *Über die Kieslagerstätten vom Typus Röros usw.*, in der Z. f. pr. G., 1894, S. 41 ff. — O. Nordenskjöld. *Om Bossmo Grufvors Geologi.* Geol. Fören. Förh. Stockholm. Bd. 17, H. 5, 1895. — Hj. Sjögren in Geol. För. Förh. 1895, Bd. 17, S. 189 bis 210 und 1900, Bd. 22, S. 437—462.

Ihrer Zusammensetzung nach bestehen diese Lagerstätten ganz überwiegend aus Schwefelkies mit beigemengtem Kupferkies. Nicht selten finden sich Pyritwürfel inmitten von derbem Kupferkies. Bei der Charlotte-Grube im Sulitelmagebiet sind sie ganz abgerundet, während sie anderwärts mitunter Ätzgruben aufweisen. Die Erze halten 2,5 bis 3 % Kupfer im Durchschnitt. Zuweilen vertritt Magnetkies den Schwefelkies, so bei der Mug-Grube. Nur selten treten Zinkblende und noch einige andere sulfidische Erze hinzu, so Bleiglanz und kobalthaltiger Arsenkies. Einzelne Lager führen auch Magnetit. Von nicht metallischen Mineralien beteiligen sich Quarz, der bisweilen den Erzkörper beinahe allein einnehmen kann, ferner Hornblende, Glimmer (meist Magnesiaglimmer), Diopsid, Granat, seltener noch Feldspat, Epidot, Titanit, Chlorit und Talk, auch Graphit und Kohlenwasserstoffe. Besonders bemerkenswert ist das Vorkommen zahlreicher Kriställchen von Turmalin im Kies von Vigsnäs und von Flußspat auf Ytterö. Außer den kupferhaltigen Lagerstätten dieser Art gibt es auch beinahe kupferfreie, wie Bossmo (nahe am Polarkreis).

Die Lagerstätten bilden mehr oder weniger linsenförmig begrenzte Massen, die dem Nebengestein konkordant eingeschaltet sind. Dieses besteht aus regionalmetamorphisch veränderten Schiefern, Glimmerschiefern, Phylliten, Garbenschiefern, Quarzitschiefern, Hornblende- und Chloritschiefern mit einzelnen Bänken, die nach den Funden von H. Reusch (Bömmelöen og Karmöen, 1888) auf Bömmelö und Stordö und a. a. O. verschiedene noch wohl erkennbare Petrefakten, wie Halysites catenularia, Favosites u. a. enthalten, also silurischen Alters sind.

Die nach Vogt so engen räumlichen Beziehungen der Kieslager mit Saussuritgabbromassiven sind durch die neuesten Kartierungen z. B. im Sulitelmagebiet (Sjögren) nicht bestätigt worden. Auch im Rörosgebiet sind solche Gabbros nach Nettekoven bis jetzt durch keinen bergmännischen Aufschluß in der Tiefe angefahren worden.

Die Erzlinsen sind meist wenige Meter mächtig und erreichen nur selten 20 m Dicke, können aber dafür gewöhnlich bei verhältnismäßig geringem Aushalten im Streichen auf große Strecken im Fallen verfolgt werden. Manchmal haben sie die Form förmlicher Erzlineale (siehe auch I. S. 209). Diese linealartige Lagerform ist besonders gut durch das Beispiel der Mug-Grube bei Röros zu illustrieren, wo der Kies im flach gelagerten Phyllit auftritt. Er ist hier bei nur 1—3 m Mächtigkeit und 100—150 m Breite auf 1050 m Länge verfolgt worden, ferner bei der eben dort gelegenen Storvarts-Grube, wo die betreffenden Ziffern 1—3, 150—350 und 1350 lauten.

Die Grenze nach dem Nebengestein hin ist meist scharf, oft aber ist auch eine Übergangszone entwickelt, die aus einem Schiefer und vielen konkordant eingelagerten Kiesschmitzen besteht. Der Erzkörper zeigt zuweilen eine gewisse Bänderung auf dem Querbruch durch Ausbildung verschiedenartig entwickelter Erzlagen parallel dem Salband.

Trotz der im allgemeinen bestehenden Konkordanz der Erzkörper mit den Schiefern kommen aber nach Vogt gelegentlich auch Überschneidungen der Schichtung des Nebengesteins durch die Erzgrenzen vor, sowie Erztrümer, die in den Schiefer hinein abgehen, wie aus dem Profil Fig. 222 hervorgeht. Dasselbe zeigt ferner Einschlüsse von Schieferfragmenten mitten in der Kiesmasse, andererseits aber daneben parallel eingeschaltete Schieferlagen.

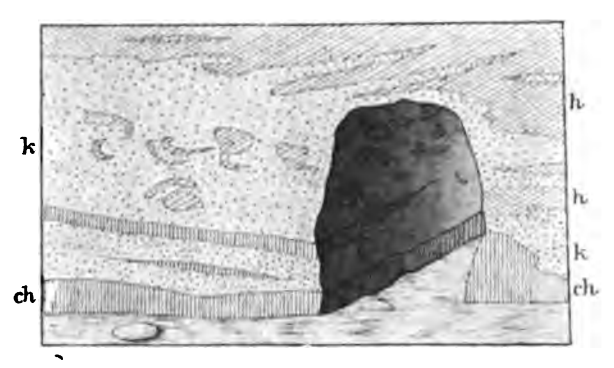


Fig. 222. *Ausgehendes des Kieslagers von Mons Peter Uren* nach Stelzner.
h Hornblendeschiefer, *ch* Chloritschiefer, *k* Kies mit Einschlüssen von Hornblendeschiefer. Mächtigkeit des Lagers 4 m.

Bei Nya Sulitelma geht eine mächtige Apophyse ins Nebengestein hinaus. Kleinere Apophysen sieht man bei Sulitelma oft quer zur Schichtung abgehen. Auch beim Lager von Kongens-Grube zu Röros sind solche abgehende Trümer beobachtet worden (Stutzer).

Das ganze Gebirge ist mitunter stark gefaltet und gepreßt. Dies zeigt sich besonders auch an den einzelnen, im Nebengestein sitzenden großen Schwefelkieskristallen, die gewaltig deformiert sind und striemig gefurchte Flächen besitzen.

Mitunter gewinnt es den Anschein, als ob der Kies erst bei dem Faltungsprozeß sich ausgeschieden habe, da er an den Umbiegungsstellen besonders reichlich vorhanden ist. In anderen Fällen hinwiederum nehmen Kieslagen an den zartesten Fältelungen Teil, haben also die dynamischen Prozesse mit durchgemacht.

Sehr gewöhnlich sind in der unmittelbaren Nähe der Kieskörper Gleit- und Rutschflächen wahrzunehmen.

Die von gewisser Seite betonte Niveaubeständigkeit der Kieslager ist wenigstens bei Sulitelma nach O. Stutzer nicht vorhanden: Die Erzlager treten hier auf zwischen dem hangenden Glimmerschiefer und dem sog. Gabbroschiefer oder zwischen diesem und dem liegenden Glimmerschiefer oder endlich im letzteren selbst. Bei Nya Sulitelma befindet sich die östliche Partie zwischen dem hangenden Glimmerschiefer und dem Gabbroschiefer, die westliche in diesem selbst. Bei Jakobsdalen endlich sieht man ein Kieslager treppenförmig von einer Schicht auf eine liegendere herunter springen.

Endlich ist bemerkenswert, daß den beschriebenen ganz ähnliche Kieslager zuweilen auch auf Gleitflächen inmitten von Saussuritgabbro beobachtet wurden.

Die mehrfach erwähnten Saussuritgabbros werden jetzt allgemein als stark gepreßte und dynamisch veränderte Intrusivmassen von ursprünglich normalen Gabbros aufgefaßt. In diesen Gesteinen ist der basische Kalknatronfeldspat vollkommen ersetzt durch Saussurit, d. i. ein Gemenge von Zoisit mit Albit. Diese Gabbros enthalten außerdem anstatt des Diallags Hornblende in der Form des Smaragdites, sowie Aktinolith, Chlorit, etwas Granat und Rutil.

Die Gabbroschiefer sind nach eingehenden Untersuchungen von Hj. Sjögren dynamisch beeinflußte Lagergänge von basischen Eruptivgesteinen, die mit dem Gabbro des Sulitelmaberges durch Übergänge verbunden sind. Daher können Kieslager innerhalb dieser Gesteine unmöglich als syngenetische Einlagerungen innerhalb von Sedimenten aufgefaßt werden.

Trotzdem hat die hauptsächlich von Helland, Stelzner und Klockmann verfochtene Auffassung der Kiese als sedimentärer Bildungen immer noch Anhänger. Sie stützt sich wesentlich auf die in den meisten Fällen zwar, doch wie gesagt, nicht ausnahmslos zu beobachtende Konkordanz, ferner auf die oft bemerkbare, der Schichtung parallele Bänderung. Sie nimmt an, daß Erzlösungen, die von zerstörten älteren Erzlagerstätten stammten, an ruhigen Stellen des Meeres vermittels der Reduktion durch organische Substanzen ausgefällt seien, erklärt aber gar nicht die anscheinend gesetzmäßige räumliche Verknüpfung der Kieslager mit den Saussuritgabbros. Die wunderlich geformten Einschlüsse (Fig. 222) erklärte sich Stelzner aus einer Zerreißung und Einknetung ehemals paralleler Schiefereinlagerungen infolge innerlicher Stauchungen.

Dahingegen glaubte früher Vogt, daß die Kiese erst später in Form von Lösungen parallel von Gleitflächen längs der Schichtung in die Schiefer hineingepreßt worden seien und zwar im Gefolge der Gabbrointrusionen und während der gleichzeitigen Metamorphose der Sedimente. Als analoge Bildung zog er die Erzlager im Kontaktbereich der granitischen Intrusivmassen des Christianiagebietes herbei und legte außerdem auf die gelegentlich zu beobachtenden Überschneidungen der Schiefer durch die Kiesgrenzen und auf das Vorkommen von Kiesen auf Gleitflächen des Gabbros selbst, wie zu Storhusmandsberget in Meraker, das größte Gewicht. Hierbei stellte er sich die Infiltration der Lösungen unter so hohem hydrostatischen Druck vor, daß hierdurch der Faltungsdruck, der ja sonst die entstandenen Hohlräume wieder hätte schließen müssen, überwunden worden sei.

Neuerdings dagegen haben J. H. L. Vogt[1]) und W. C. Brögger[2]) die von E. Weinschenk zuerst für Bodenmais angewandte Theorie für die norwegischen Kieslagerstätten adoptiert. Auch O. Stutzer[3]) ist zu dieser Anschauung gelangt. Danach sind die Kiese durch Differentiationsprozesse in basischen Eruptivmagmen entstanden, deren Intrusion gleichzeitig mit der Faltung der kambrisch-silurischen Schiefer stattfand. Die ausgeschiedenen sulfidischen Teilmagmen wurden unter sehr hohem Druck den Schichtflächen der Schiefer oder den Gleitflächen der Eruptivgesteine entlang hinaufgepreßt. Hierdurch erkläre sich das häufige Auftreten zwischen einem hangenden harten und festen Gestein und einem liegenden weicheren Schiefer (Vogt), ferner auch der so gleichbleibende chemisch-mineralogische Charakter, der dieses Erz zu einem bestimmten petrographischen Typus erhebt, ähnlich dem der nickelhaltigen Magnetkiese (Brögger).

Folgende Beobachtungen würden nach O. Stutzer für die Annahme einer magmatischen Injektion sprechen: 1. Die geringe Beteiligung typischer Erzgangmineralien, wie Quarz und Kalzit, während dafür gelegentlich Amphibol, Granat, Magnetit, Titanit, Molybdänglanz, Turmalin, Apatit, Spinell, Cordierit u. a. sich finden. 2. Die Struktur des Erzes mit seinen porphyrischen Pyrit- und Danaitkristallen nebst den An-

---

[1]) J. H. L. Vogt. *Om relationen mellem størrelsen af eruptivfelterne og størrelsen af malmudsondringer.* Norges geol. aarbog for 1905, No. 3, p. 18.

[2]) Mündliche freundliche Mitt. an den Verf. zu London im Sept. 1907.

[3]) O. Stutzer. *Alte und neue Beobachtungen an den Kieslagerstätten Sulitelma-Röros-Klingenthal.* Österr. Z. f. B. u. H. 1906, Nr. 44. — Derselbe. *Über Pegmatite und Erzinjektionen nebst einigen Bemerkungen über die Kieslagerstätten Sulitelma-Röros.* Z. f. pr. G. 1909, S. 130—135.

zeichen einer Fließbewegung in Gestalt wirbelförmig angeordneter und gekrümmter Nebengesteinsfragmente. 3. Ätzfiguren an Pyritwürfeln im Kupferkies. 4. Die abgerundeten Pyrite, deren Form er als das Ergebnis teilweiser Resorption auffaßt.

Sind wir auch schon seit Jahren für die epigenetische Entstehung dieser Lagerstätten eingetreten, so sind doch die näheren Umstände ihrer Genesis nach unserem Urteil noch recht ungewiß. Manche strukturellen Züge, die für eine Injektion sprechen sollen, findet man auch an echten Gängen thermaler Entstehung, so z. B. die Pyritwürfel im Kupferkies (vergl. I. S. 321). Die sog. Fließstrukturen lassen sich besser als Ergebnisse eines gewaltigen Gebirgsdruckes erklären, worauf die Striemen auf manchen Pyritwürfeln sehr eindringlich hinweisen. Vor allem sollte man diese Kieslager im metamorphen Gebirge genetisch nicht getrennt behandeln von denen im nicht umgewandelten. Bei den letzteren versagen aber die meisten Beweise für die Annahme einer Injektion.

Röros, das seit 1642 ununterbrochen im Betrieb steht, hat nach J. H. L. Vogt[1]) bis mit 1903 rund 75000 t metallisches Kupfer und 300000 t Exportkies geliefert. Die jährliche Produktion betrug hier etwa 700 t Kupfer und 12000 t Exportkies, bei Sulitelma dagegen 800 t Kupfer und etwa 40000 t Exportkies, bei Bossmo etwa 30000 t Exportkies.

Im Jahre 1907 erzeugte Röros 16678 t Schmelzerz mit 4,32 % Kupfer im Durchschnitt und 13837 t Exportkies mit 2,61 % Kupfer; Sulitelma 10969 t Schmelzerz mit 6,18 % Kupfer und 101819 t Exportkies. Das Kupferausbringen belief sich bei Röros auf 621 t, Sulitelma 701,130 t. (Norges offizielle Statistik V, 76.)

7. Die Kieslager von Ducktown in Tenessee[2]).

Ducktown liegt in der Südostecke von Tenessee, in einem aus sehr stark gefalteten kristallinen Schiefern der metamorphen, wahrscheinlich silurischen Ocoeeformation aufgebauten Gebirgsland. Die Lagerstätten bestehen aus linsenförmigen, staffelförmig zu wesentlich drei Hauptzügen aneinander gereihten Erzkörpern, deren Mächtigkeit 3—120 m beträgt. Sie sind annähernd parallel im Streichen Talk- und Glimmerschiefern eingeschaltet, die nicht unter 50° geneigt, meist sogar ganz steil gestellt sind. Verfolgt man die Grenzflächen genauer, so zeigt sich allerdings,

---

[1]) J. H. L. Vogt. *Über den Export von Schwefelkies und Eisenerz aus norwegischen Häfen.* Z. f. pr. G. 1904, S. 1—7.

[2]) H. Credner. *Die Kupfererzlagerstätten von Ducktown.* B. u. H. Z., 1867, S. 8—10. — A. F. Wendt. *The Pyrites Deposits of the Alleghanies.* School of Mines Quarterly 1886. Vol. VII. — C. Henrich. *The Ducktown Ore-Deposits and the Treatment of the Ducktown Copper-Ore.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., 1896, Vol. 25, S. 173—245. — J. F. Kemp. *The Deposits of Copper-Ores at Ducktown, Tenn.* Ebenda. Febr. 1901 (mit Bibliogr.).

daß diese in vielen Fällen Gleitflächen sind, die spitzwinklig die Schieferungsebene schneiden.

Die Erzkörper bestehen in unverändertem Zustand, wie er in 6 bis 27 m Teufe angetroffen wird, aus Magnetkies mit untergeordnetem Markasit, Eisenkies, Kupferkies, auch etwas Zinkblende und Bleiglanz. Diese Erze bilden entweder, wie in der Ost-Tennessee-Grube, nur reiche Imprägnationen von Glimmer- oder Hornblendeschiefern, oder sie setzen papierdünne bis dickbankförmige Lagen zusammen, die sich zu den erwähnten linsenartigen Gebilden zusammenschließen. Die reichen Erze halten über 7,5 % Kupfer, die ärmeren 5,5 % im Durchschnitt. Doch sind die Mischungsverhältnisse zwischen dem an sich sehr kupferarmen Magnetkies mit den eigentlichen Kupfererzen sehr schwankend. Auch in den derben Erzmassen trifft man neben Schieferlagen fein verteilte Lagerarten, und zwar Aktinolith neben etwas Granat, Kalkspat und Quarz, seltener Zoisit und Diopsid. Der Aktinolith, nach Henrich offenbar aus einem Pyroxen hervorgegangen, bildet mit den Erzen förmlich durchtränkte Aggregate. Auch die Granatkristalle sind von den Erzen durchtrümert, während der Quarz gleichzeitig mit diesen ausgeschieden ist. Der Quarz füllt übrigens auch schwebende Querklüfte (floors) in den Lagern aus.

Über den rein sulfidischen Erzen folgt bei den steil gestellten Erzkörpern zunächst eine 0,6—2,4 m mächtige „Schwarzkupferzone". Diese besteht in der Hauptsache aus Kupferglanz, daneben aus Buntkupferkies, Kupferkies, Eisenkies, Eisen- und Kupfervitriol, umschließt auch Rotkupfererz, Malachit, Kupferlasur in Nieren und Drusen, ferner gediegen Kupfer in Blechen, Trauben und Dendriten, endlich selten auch Harrisit. Betreffs der Genesis dieser Zone vergleiche man das im späteren Abschnitt über die Hutbildungen und besonders über die Zementationszone Gesagte.

Die Schwarzkupferzone, die überall zunächst abgebaut worden war, wird bedeckt von einem 5—24 m mächtigen Eisernen Hut aus sandigem, schlackigem, dichtem, schwammigem oder glaskopfartigem Brauneisenstein, der häufig hervorragende Klippen bildete.

Henrich hält die Ducktowner Lagerstätten mit Recht für ursprüngliche Pyroxengesteine, die eine Metamorphose zu Aktinolithgesteinen erlitten und im Gefolge davon mit Erzen imprägniert wurden. Aus den Verbandsverhältnissen dieser letzteren untereinander schließt er, daß zunächst Magnetkies und Kupferkies, später die anderen Erze nebst dem Quarz zugeführt worden seien.

Schon die prähistorischen Moundbuilder sollen nach vorhandenen Fundresten in Tennessee oxydische Erze verschmolzen haben. 1850 wurde die erste Grube Hiwassee fündig. Im ganzen hat Ducktown seit 1850 gegen 14500 t reiche Kupfererze erzeugt.

8. Die pyritischen Erze im kanadischen Michipicoten-Distrikt.

Nur ganz kurz möge auf die quarzhaltigen, ziemlich armen Pyritlager der Michipicoten Iron Range, Ontario, hingewiesen werden, die einem ähnlichen Schichtenkomplex eingeschaltet sind, wie wir ihn im Marquette-Distrikt finden. Es herrschen nämlich dort nach A. B. Willmott[1]), der sich auf Arbeiten von Coleman und Bell stützt, Sideritquarzite mit Beimengungen von Pyrit, Mikroklin und Chlorit, ferner auch Grunerit und Hornblendeschiefer, sowie gebänderter Hämatit-Jaspis. Die Deutung ist durch die sichtliche Metamorphose der Schichten sehr erschwert. Der angeführte Autor spricht diese Pyrite für sedimentär an.

Aus den neuesten Untersuchungen von A. P. Coleman[2]) geht hervor, daß die Eisenerzformation der dortigen Helen Iron Mine, die bereits gegen 1 $^1/_2$ Millionen t Erze förderte, und der kürzlich erschlossenen Lagerstätten nahe im NW. von dieser Grube ziemlich bunt zusammengesetzt ist. Sie umfaßt magnetitreiche Quarzite, Einlagerungen von Pyrit, Lager von Spateisenstein und gebänderte Hämatit-Jaspisgesteine, die oft zu Brekzien zerdrückt sind. Der Spateisenstein ist oft mit Pyrit vermengt.

Als großbritannische Beispiele der bis jetzt geschilderten Kieslager mögen nur kurz diejenigen von Wicklow in Irland erwähnt werden[3]).

9. Die Gold-Silber-Kupfererzlagerstätte des Mt. Lyell.

Mt. Lyell[4]) liegt im dicht bewaldeten Gebirge der schwer zugänglichen Westküste Tasmaniens, 23 km landeinwärts von Strahan (Port

[1]) A. B. Willmot. *The origin of deposits of pyrites.* The Canadian Min. Journ. I, 16, 1907, S. 500—508. — Ausführlichere Darstellungen über die neuerdings auch anderwärts in Kanada aufgeschlossenen Pyritlagerstätten siehe bei E. L. Fraleck. *Iron Pyrites in Ontario.* XVII. Ann. Rep. Bur. of M. 1907. Toronto 1907, p. 149—201.

[2]) A. P. Coleman. *Iron Ranges of Eastern Michipicoten.* Rep. of the Bureau of Mines 1906, Vol. XV, Part. I, p. 173—206 (cf. Bur. Mines 11[th] Ann. Rep. pp. 167).

[3]) Phillips-Louis. *Ore Deposits.* 1896, S. 306—310.

[4]) E. D. Peters. *Report on the property of the Mt. Lyell Mining and Railway Co.* Melbourne 1893. — H. J. Daly. *The Mt. Lyell Copper Dep.* Inst. Min. Met. London 1900, 28 pp., 1 pt. — E. Haber. *Die geschwefelten Erzvork. an der*

Macquarie). Nicht weit davon erinnern die ebenfalls bergbauberühmten Mt. Heemskirk und Mt. Zeehan an die Namen der Entdeckerschiffe. Die Lagerstätten von Mt. Lyell sind Schiefern eingeschaltet, die nach W. H. Twelvetrees silurischen Alters sind, während die höheren Berge der Gegend, wie auch der Gipfel des Mt. Lyell selbst, von devonischen Konglomeraten eingenommen werden. Diluviale Moränen kommen von den Höhen herab. Etwa 20 Gewerkschaften sitzen am Mt. Lyell, voran die bedeutendste Mt. Lyell Mining and Railway Co. Nach Nord zu liegt die ebenfalls wichtige North Lyell Mine, sowie die Tarsis-Mine.

Die erzführenden Schiefer gleichen äußerlich chloritischen Talkschiefern. Nach J. W. Gregory, dem wir bei unserer Skizze hauptsächlich folgen, bestehen sie in ihrer Hauptmasse aus einem dem Margarodit nahestehenden glimmerigen Aluminiumsilikat, dem Paragonit, Damourit und Margarit beigemengt sind, in sehr wechselnder Menge auch aus Quarz und Pyrit. Manchmal ähneln sie Knotenschiefern. Der Genannte vermutet, daß diese Schiefer stark gepreßte Porphyrite und Quarzporphyrite darstellen. Hierfür spricht das mikroskopische Bild, z. B. der Schiefer von South Tarsis in der Tat.

Sämtliche Lagerstätten liegen unmittelbar an Verwerfungen, welche die Schiefer meist ins Hangende der Konglomerate versetzt haben. Die wichtigste dieser Verwerfungen ist The Great Lyell Fault, eine deutliche NS. laufende Überschiebung.

Die Lagerstätten zerfallen in a) Fahlbänder und b) Erzlinsen.

Die Fahlbänder sind sekundär mit Pyrit, Fahlerz, Buntkupfererz und Kupferkies imprägnierte, meist quarzitische Schieferzonen, die an sich nicht bauwürdig sind, aber als Flußmittel benutzt werden. Die bis Ende Sept. 1902 gewonnenen 49287 t eines solchen „flux" von South Tarsis hielten im Durchschnitt 1,64 % Cu, 6,8 g Ag und 0,68 g Au p. t bei 62,67 % SiO_2.

Von den Erzlinsen ist die mächtigste diejenige der Mt. Lyell Mine in 425 m Seehöhe. Sie wurde in einer Mächtigkeit von 60 m auf 240 m streichende Länge zunächst durch einen neunterrassigen Tagebau in Angriff genommen. Nach der Tiefe wird sie durch einen Verwerfer entrückt. Dieser Erzkörper enthält fast gar keine Gangart und wenig

---

Westküste von Tasmania. Z. f. d. B. H. u. S. W. i. preuß. St. 1900, S. 432—459, T. VIII. — J. W. Gregory. *The Mt. Lyell Mining Field, Tasmania.* 168 pp., 2 pt. (Australas. Inst. Min. Eng. Melbourne 1905. — Eine allgemeine Übersicht über den geologischen Aufbau der ganzen erzreichen Insel findet man bei W. H. Twelvetrees. *Geology of Tasmania.* Rep. of the Secr. for Mines for 1907. Tasmania 1908, p. 100—106.

Schieferzungen. Er besteht in der Hauptsache aus Cu-, Ag- und Au-haltigem Pyrit mit nur wenig Bleiglanz und Blende, sowie spärlichem Quarz und Baryt. Die Struktur ist rein massig. Eine selten zu beobachtende Streifung wird als die ehemalige Parallelstruktur des durch Erz verdrängten Schiefers gedeutet. Die Gesamtmasse inkl. des schon abgebauten Teils wird auf etwas über 4 Mill. t geschätzt. Der Gehalt an Edelmetall ist nicht gleichmäßig, reicher am Ausgehenden, als in der Tiefe, reicher am Liegenden, als in der Mitte. Es enthalten im Durchschnitt nach Gregory:

	Die normalen Erze	Die Reicherze am Liegenden
Fe	40,30 Proz.	24,75 Proz.
SiO_2 . . .	4,42 „	30,69 „
$BaSO_4$ . .	2,50 „	1,48 „
Cu	2,35 „	5,33 „
Al_2O_3 . . .	2,04 „	6,30 „
S	46,50 „	30,00 „

Berühmt geworden ist ein gangartiges Reicherzmittel vom Jahre 1894 am Liegenden dicht unter einem goldhaltigen Hämatit (Iron Blow) des Hutes, „Mt. Lyell Bonanza". Es enthielt im Durchschnitt 1011 ozs Ag p. t (3,5 %). Eine Probe dieser Reicherze, die der Freiberger Bergakademie durch Herrn O. Schlapp übersandt worden war, bestand aus feinkristallinem Pyrit mit Nestern und zu einem Geäder vereinigten Trümchen von grobkristallinem Kupferkies, sowie auch von Buntkupferkies, Silberkupferglanz (Stromeyerit), Arsenfahlerz und etwas Bleiglanz. Manche Proben enthielten einen feinkörnigen, selten blätterigen Baryt. Andere führten Nester von Baryt und Quarz, sowie Hohlräume, die mit einem 3,47 % Ag (Kolbeck) und Spuren von Gold enthaltendem Ocker gefüllt waren. Als Seltenheit brach Domeykit ein. Diese Reicherze sind durch sekundäre Konzentration in der Zementationszone entstanden. Der erwähnte Erzkörper hat innerhalb zweier Wochen für 360000 M. Erz geschüttet.

Bis Ende Sept. 1902 hat der gesamte Haupterzkörper den Hütten 1320134 t Erz geliefert mit einem mittleren Gehalt von 2,92 % Cu, sowie 2,74 ozs (85,2 g) Ag und 0,097 ozs (3,02 g) Au p. t. 1905 wurden 8300 t Kupfer ausgebracht.

Von den übrigen dortigen Gruben ist namentlich North Mt. Lyell von Bedeutung, deren größter Erzkörper zwar nur etwa 40 m lang und 20 m mächtig ist, aber im Gegensatz zum vorigen ein sehr quarziges und kupferreiches Erz enthält (etwa 72 % SiO_2 und meist gegen 6 %

Cu). Diese und vier andere Erzlinsen derselben Grube liegen an der gleichen Hauptverwerfung, wie der Haupterzkörper von Mt. Lyell.

Die Ansicht von E. D. Peters, der durch seine „swamp theory" die Mt. Lyell-Erze als Absätze in Sümpfen oder Lagunen erklärte, wo organische Substanzen vitriolische Lösungen ausgefällt hätten, ist unhaltbar. Nach J. W. Gregory steht die epigenetische Entstehung längs der erwähnten Dislokationen außer Zweifel. Insbesondere scheinen Verdrängungsvorgänge eine große Rolle gespielt zu haben.

10. Die Kupfererzlagerstätten vom Iron Mountain in Kalifornien.

In vieler Beziehung ähnlich mit dem vorigen Beispiel ist die Kupfererzlagerstätte vom Iron Mountain im Shasta County, Kalifornien. Sie gehört zu den über ein halbmondförmiges Gebiet zu beiden Seiten des Sacramento-Flusses verbreiteten Kupfererzvorkommen (Shasta Countys Copper Belt). Diese Zone wird nach L. E. Aubury[1]) im W. von unregelmäßigen Stöcken und Linsen von wesentlich Sulfiden, im O. von Gängen von Erzen der edlen Silber-Kupfererzformation gebildet. Die westliche Gruppe zerfällt wiederum in Erzstöcke von Magnetit mit Magnetkies und Pyrit am Kontakt von Diorit mit Kohlenkalk, wie z. B. am Potter Creek, und in Linsen von Pyrit mit Kupferkies und einigen anderen Sulfiden, eingeschlossen in metamorphen Schiefern nahe bei saueren Eruptivmassen, wie z. B. am Iron Mountain. Immer ist ein Gehalt an Gold und Silber zugegen, der in den obersten Teufen mehrfach allein den Abbau lohnte. Der Erzkörper von Iron Mountain ist bei einer Mächtigkeit von 30—120 m auf 240 m im Streichen und 180 m im Fallen verfolgt worden. Er grenzt unmittelbar an Quarzporphyr. Das Erz ist vorwiegend derber Pyrit mit 5,77—7,45 % Kupfer (nach den beiden Jahresdurchschnitten von 1900 und von 1897), sowie mit etwa 60 g Silber und 1,5 g Gold pro t. Im Jahre 1900 erreichte die Produktion des dortigen Werkes an Feinkupfer 10378 t.

11. Die goldhaltige Kieslagerstätte Koniuchoff Gang bei Soimonowskoj unweit Kyschtim im Ural.

Völlig analog dem tasmanischen Vorkommen scheint eine Kieslagerstätte im Gebiet von Kyschtim zu sein, die uns zunächst durch Untersuchungen von Herrn A. Iwanow und Mitteilungen von Herrn Wl. Romanoff bekannt wurde. Am Ssak-Elga Bache und seinen Zuflüssen wurde Gold gewaschen. Die Bäche fließen über Kalksteine und Schiefer des

[1]) L. E. Aubury. *The Copper Resources of California.* Calif. St. Min. Bur. Bull. 23, 1902.

Devons, während zu beiden Seiten im W. und O. Serpentine herrschen, von Goldquarz durchtrümert. Mehr nach NW. hin fehlen die Kalke, und es finden sich mit nördlichem Streichen chloritische Talkschiefer. Diesen ist eine bis auf etwa 400 m verfolgte Erzmasse, der Koniuchoff Gang, meist 1,5—3 m mächtig, eingeschaltet, die steil nach O. fällt. Der Hut derselben besteht bis zu 10 m Tiefe hinunter aus Brauneisenstein, der nur Spuren von Kupfer, aber in gewissen, dem Streichen parallelen, mehr quarzigen Lagen 50—60 g p. t Gold enthält. Er kann lokal bis 6 m mächtig werden. Unter dem eisernen Hut folgt zunächst eine sandig-tonige, dann bald reinsandige Zone, wesentlich aus Quarzkörnchen gebildet, die durch goldhaltigen Eisenocker verbunden sind, außerdem mit Baryt bis etwa zu 40 %. Diese Zone hielt 2—8 g Gold und etwa 150 g Silber p. t. Noch tiefer hinein schließt sich an ein sandig-bröckeliger Pyrit, dem schon Eisen- und Manganoxyde beigemengt sind. Er enthält neben etwa 4 % Kupfer einen Goldgehalt von meist nur 4 g p. t. Etwa 4—5 m nach der Tiefe hin wird der Pyrit fest, derb und ganz rein.

Nahe an den Salbändern der Haupterzmasse führt der Schiefer Einsprenglinge von Pyrit und Milchquarz, auch kleinere Kiesschmitzen. Im S. schließen sich an den Hauptgang noch zwei ähnliche Parallelgänge an, der Tissoff und der Smirnoff Gang genannt.

Weiter südöstlich vom Koniuchoff Gang ist dem Serpentin des Karabasch-Berges eine zweite Lagerstätte ganz anderer Art eingeschaltet. Sie stellt eine 1—5 m mächtige Masse dar, die 4—8 g p. t eines sehr kupferhaltigen Goldes gehalten hat. Nach unserem mikroskopischen Befund besteht das stark zersetzte Gestein aus Salit, Granat, Zoisit, Talk, wenig Hornblende und etwas Pyrit.

Inzwischen ist uns eine interessante Studie von H. H. Knox[1]) über dieses Erzgebiet zugegangen, aus welcher wir eine Analyse des pyritischen Erzes der Koniuchoff Grube abdrucken:

Cu	4,10 %
Fe	40,61 „
S	47,30 „
Pb	0,18 „
Zn	1,60 „
BaO	2,56 „
CaO	0,22 „
MgO	0,30 „
Al_2O_3	1,52 „
	98,39 %

[1]) H. H. Knox. *An Instance of secondary impoverishment.* Trans. Inst. of Min. and Met. London, Jan. 21. 1909.

Übertrag	98,39 %
SiO_2	0,56 „
As	0,12 „
	99,07 %
Au	2,33 g p. t
Ag	27,99 g p. t

Der genannte Verfasser weist darauf hin, daß in der Kiesmasse dieser Lagerstätten zuweilen Schollen von schieferigem Nebengestein eingeschlossen sind. Er denkt daher an eine Verdrängung des Schiefers durch die Kiese längs einer Zerrüttungsfläche. Der interessanteste Zug im Charakter dieser Lagerstätten ist jedenfalls die zonale Vertikalgliederung infolge der Einwirkung der Sickerwässer, wie auch H. H. Knox ausführt.

VI. Kobalterzlager in fahlbandartiger Entwicklung.

1. Die Kobaltfahlbänder von Skuterud und Snarum in Norwegen[1]).

Die Kobalterzlagerstätten von Skuterud und Snarum liegen im Kirchspiel Modum im südlichen Norwegen, im SW. von Tyrifjord. Das Grundgebirge der Gegend besteht aus den durchweg völlig steil aufgerichteten kristallinen Thelemarkenschiefern, die regionalmetamorphe Schichten von wahrscheinlich paläozoischem Alter darstellen. Im Gebiete der Kobaltfahlbänder herrschen unter diesen mittelkörnig-schuppige Biotitgneise, die sich durch einen großen Reichtum an Mikroklin und Sillimanit sowie durch häufige Hornfelsstruktur auszeichnen, mehr untergeordnet sind Muskovitgneise, verschiedene Arten von Quarzit, meist granatreichem Amphibolit, Biotitschiefer, Salitfels, Anthophyllit- und Gedritgesteine eingeschaltet. Die gerade in der unmittelbaren Nachbarschaft der Kobalterzlagerstätten sehr stark entwickelten Amphibolite sind zwar meist konkordant eingeschaltet, zeigen aber lokal durchgreifende Lagerung und sind augenscheinlich umgewandelte Gabbros und Diabase. Endlich machen sich zahlreiche Gänge und unregelmäßige Intrusivmassen von Pegmatit bemerkbar.

Unter den Fahlbändern hat nur das Hauptfahlband ökonomische Bedeutung erlangt, das sich über 10 km lang mit einem Streichen nach

[1]) Wichtigste Literatur: J. F. L. Hausmann. *Reise durch Skandinavien.* II, 1812, S. 69—91. — K. F. Böbert. *Über die Analogie des Glanzkobalt-Lagers bei Skuterud usw. und bei Vena.* Karstens Arch., 4. Bd., 1832, S. 280—284. — Derselbe. *Über das Modumer Blaufarbenwerk in Norwegen.* Ebendort, 21. Bd. 1846, S. 207—214. — H. Müller. *Bericht im Manuskript.* 1857. — Kjerulf. *Geol. d. südl. Norwegens.* Übersetzt von Gurlitt, 1880, S. 323. — Das Obige ist ein Auszug aus einer im Manuskript vorliegenden Monographie d. V. vom Jahre 1899.

NS. bis NNW. auf der Westseite des Simoatales in einer gebirgigen und größtenteils waldbedeckten Gegend hinzieht, von Muggerud bei Skuterud nordwärts bis in die Gegend der Korsbön Höfe bei Snarum. Wenn auch innerhalb dieser langen und ein paar Hundert Meter breiten Zone fast überall Gestein mit geringem Kobaltgehalt bekannt ist, sind allerdings nur einige wenige Stellen so erzreich befunden worden, daß der Betrieb lohnte. Bergbaue bestanden bei Skuterud, weiter nördlich bei Saastad und endlich am Devigkollen, beim Svartefjeld, bei Svendbye und Heggebaek. Nur unbedeutend und unabbauwürdig ist ein zweites Kobaltfahlband auf der gegenüberliegenden Talseite, das an der Kirche von Snarum vorüberzieht.

Die allgemein geologischen Verhältnisse bei den wichtigsten Gruben, denen von Skuterud, werden durch das Querprofil Fig. 223 erläutert.

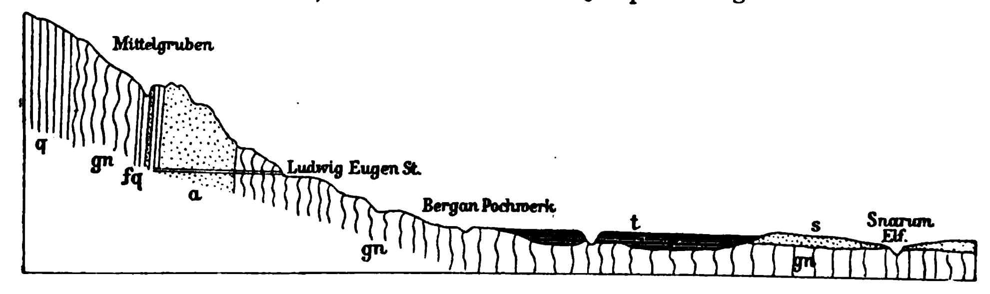


Fig. 223. *Profil durch die Kobaltfahlbänder von Skuterud.*
gn Biotitgneise, reich an Sillimanit und Mikroklin, *q* Quarzit, *fq* Fahlbandquarzit, *a* Granatamphibolit, *t* spätglaziale Tone mit Arca glacialis Sars, *s* glaziale Sande und Grande.

Diese Kobaltfahlbänder sind dem allgemeinen Streichen und gewöhnlich auch dem Fallen folgende Schichtenkomplexe verschiedener kristalliner Gesteine, die Kobalt- und andere Erze eingesprengt enthalten. Der von dieser Imprägnation bevorzugte Sitz ist ein licht gefärbter Quarzit von feinkörnig-kristalliner Struktur. Dieser Fahlbandquarzit enthält neben dem vorwaltenden Quarz sehr viel braunen Glimmer und zahlreiche, gedrungene Kriställchen eines braunen Turmalins, ferner Körnchen von Salit, Stengelchen von Anthophyllit, Rutil, Zirkon, Graphit und die Erze. Ganz besonders reich an Kobalterz haben sich innerhalb dieser Quarzite wiederum gewisse Schichten erwiesen, die sehr viel Salit oder graugrünen Strahlstein oder Anthophyllit, sowie auch Plagioklas führen. Auch hat man die Kobalterze in Verbindung mit einem körnig-kristallinen oder grobstrahligen Salitfels angetroffen, der auch etwas Plagioklas, Quarz und braunen Turmalin umschließt und sekundär sich in ein Anthophyllitgestein umgewandelt zeigt.

Unter den eingesprengten Erzen ist das wichtigste der Glanzkobalt. Er findet sich gewöhnlich in völlig ausgebildeten Kristallen und zwar auch als Einschluß inmitten des Quarzes und anderer Gemengteile des Fahlbandquarzites, auch innerhalb der Granaten der glimmereichen Grenzschicht der Amphibolite. Mehr untergeordnete Begleiter des Glanzkobalts sind Kobaltarsenkies, Kupferkies und Magnetkies. Die beiden letztgenannten umhüllen bisweilen den Glanzkobalt, bilden aber andererseits Einschlüsse in Fahlbandmineralien, wie im Turmalin. Außerdem macht sich ein jüngerer Kupferkies in Zwischenräumen des Salitfelses bemerkbar. Selten wird der Magnetkies von Molybdänglanz begleitet.

Gänge mit Kobalterzen sind im ganzen Gebiet unbekannt. Einige in der Fahlbandzone aufsetzende, unbedeutende Quarz-Kalkspatgänge mit Eisenkies, Kupferkies und Bleiglanz haben als sichtlich jüngere Gebilde mit der Genesis der Kobaltgesteine nichts zu tun.

Die Verteilung des eingesprengten Kobalterzes in den Fahlbändern ist eine ungleiche. Innerhalb der bauwürdigen Schichten oder Erzbänder trifft man wiederum besonders reiche Mittel, Reicherzbänder, die meist nur 10—20 cm, selten bis 0,5 m mächtig werden können. Gewöhnlich bestehen sie aus einem Gemenge von Quarz, Strahlstein, Glimmer und Erz, doch kommen auch nicht unbeträchtliche Massen von fast reinem, derbem Erz darin vor. Bisweilen schneidet das Einfallen der Erzmittel spitzwinkelig die Fallrichtung der gleich streichenden Gesteinsschichten.

Im allgemeinen ist die Erzführung arm. Böbert schließt aus Erhebungen des Jahres 1840, daß im Durchschnitt die damals geförderten erzführenden Fahlbandmassen 3 % Pocherz enthielten, aus dem Pocherz aber 3 % Kobaltschliech erzielt wurde.

Die Genesis dieser Lagerstätten ist in Dunkel gehüllt. Wahrscheinlich aber waren die Gesteine der Fahlbänder schon vor der Regionalmetamorphose kobalthaltig. A. Breithaupt[1]) dachte, es möchten wohl frühere Gänge von Eisenspat, Eisenkies und Speiskobalt gewesen sein, deren Form infolge der Metamorphose ihres Inhaltes zugleich verschwommene Grenzen angenommen habe („Divergenz-Zonen").

Die Kobaltgruben im Modum-Kirchspiel wurden 1772 fündig und gehörten anfangs der Krone bis 1813. Zu Zeiten hoher Kobaltpreise erlebten sie eine bedeutende Blüte. Im Betriebsjahr 1838/39 zum Beispiel beliefen sich nach Böbert die erhaltenen Kobaltschlieche auf 3106 Ztr. Ende der 40er Jahre kamen die wichtigsten Gruben in den Besitz der sächsischen Blaufarbenwerke, die den Betrieb dort seit einigen Jahren aufgegeben haben.

---

[1]) A. Breithaupt. *Paragenesis.* 1849, S. 85.

Die Beschreibung der norwegischen Kobaltfahlbänder paßt fast genau auf die von uns ebenfalls an Ort und Stelle studierten Vorkommen von **Vena** bei **Askersund** am Wetternsee in Schweden. Auch diese werden schon längst nicht mehr bebaut, zumal da ihre Ergiebigkeit nur eine geringe war.

Noch recht unsicher seiner Entstehung nach ist das folgende Beispiel:

2. Die Kupferkies- und Glanzkobaltlagerstätten von Tunaberg[1]) in Schweden.

Bei Tunaberg, unweit Norrköping, findet man in einem grauen Gneis linsenförmige Lager von kristallinem Kalkstein. Biotitgranit steht in der Umgegend an und durchzieht in verschiedenen Gängen Gneis und Kalkstein.

Das Erz ist an Kalkstein gebunden und befindet sich besonders am Kontakte zwischen Kalkstein und Gneis, zuweilen auch im Gneise selbst. Im „erzführenden Kalkstein" tritt außer Kalzit auf: Kokkolith (Pyroxen), Skapolith, Glimmer, Graphit, Malakolith, Kupferkies und Kobaltglanz. Tritt die Erzführung in den grauen Gneis hinein, so findet man hier auch Zinkblende und Bleiglanz, Pyrit und Magnetkies, sowie selten gediegen Wismut. Der Glanzkobalt tritt meist kristallisiert, selten derb auf. In größeren Kristallen führt er als Kern mitunter Speiskobalt. An einzelnen Stellen wurde selten auch derber Speiskobalt angetroffen. Unter diesem „erzführenden Kalkstein" findet man meist eine sehr quarzreiche Varietät, den sog. „weißen Wasserkalk". Der sog. „blaue Wasserkalk" von Tunaberg enthält wenig oder keinen Kalzit und besteht zum größten Teile aus Malakolith mit etwas Skapolith, Amphodelith (ein Anorthit), Polyargit, Orthit und Titanit. Der außerdem noch auftretende „Graukalk" führt fluorhaltigen Olivin, Chondrodit, Graphit, Titaneisen, Serpentin, Glimmer und Chlorit. Erz tritt in diesen letzten drei Kalkvarietäten nicht auf.

3. Die Kobalterzlagerstätten im Riesengebirge.

Eine gewisse Verwandtschaft mit den skandinavischen Kobalterzlagerstätten hat vielleicht das längst nicht mehr zugängliche Vorkommen

[1]) A. Erdmann. *Försök till en Geogn.-Min.-Beskr. öfver Tunabergs Socken i Södermanland.* Stockholm 1849, aus kongl. Vetensk.-Ak. Handl. för år 1848, H. 2, S. 1—94, Tab. I—VI. — A. Erdmann. *Versuch einer geogn.-mineral. Beschr. des Kirchspiels Tunaberg in Südermannland.* Übers. von F. Crepelin. Stuttgart 1851. Mit 5 Taf. — Durocher. *Observations sur les gîtes métallifères de la Suède et de la Norvège.* Ann. des Mines, XV, 1849, p. 329. — Beobachtungen und Aufsammlungen an Ort und Stelle von Dr. O. Stutzer, die ich ihm verdanke.

von Querbach[1]) und Giehren 8 km von Friedberg am Queiß im Riesengebirge. Nahe der Gneisgrenze enthält eine 1,5 bis 5,25 m mächtige Zone im Turmalin und Granat führenden Glimmerschiefer quarzige Einlagerungen mit Pyrit, Magnetkies, Arsenkies, kobalthaltigem Arsenkies, Glanzkobalt, Eisenglanz, sowie auch Magnetit, Zinnerz, Kupferkies, Bleiglanz und Blende. Auch abseits der Quarzschmitzen ist dem Glimmerschiefer Kobalterz eingesprengt.

VII. Schichtige Goldlagerstätten im kristallinen Schiefergebirge.

α) Beispiele aus Nord- und Südamerika.

1. Die goldhaltigen Fahlbänder von Homestake, S. Dacota.

Im kristallinen Schiefergebiet der Black Hills von South Dacota kennt man in der Nähe von Lead City, Terraville und Central City eine 2,25 km lange und 0,75 km breite goldhaltige Zone, die zwischen dem Whitewood Creek und Deadwood Gulch zum Ausstrich kommt. Sie enthält bauwürdige Erzkörper von 15—120 m Mächtigkeit. Diese bestehen aus stark verquarzten Chlorit- und Amphibolschiefern, die mit goldhaltigem Pyrit, Magnetkies, sowie auch etwas Arsenkies imprägniert sind. Magnetkies gilt für die Goldführung als minder günstig. Der gesamte Kiesgehalt beträgt nach F. R. Carpenter[2]) meist nur etwa 7 %, seltener bis 20 % der Schiefermasse. Kompakte Kieskörper sind nicht bekannt. Die imprägnierten Gesteine sind oft reich an Kohlenstoffverbindungen, z. T. in der Form von Graphit. Diese Fahlbandschichten sind konkordant tauben Phylliten, Glimmerschiefern und Amphibolschiefern eingeschaltet, die nach NW. streichen und nach NO. fallen. Die den Abbau lohnenden Reicherzmittel in Gestalt von Säulen mit linsenförmigem Querschnitt sind indessen etwas steiler geneigt, als die Schieferschichten. Sehr charakteristisch für das Gebiet sind massenhafte Intrusionen von Quarzporphyr, die größtenteils als Lagergänge zwischen der Fahlbandzone eingedrungen sind, im Norden des Gebietes auch Decken bilden. In ihrer Nähe scheint der Goldgehalt eine größere Konzentration erfahren zu haben. Dieser beträgt bei der Hauptgrube, der berühmten Homestake Mine, etwa 6,5 g p. t, bei den im Norden gelegenen Gruben Deadwood und Terra nur 3,4 und 4,7 g p. t. Mitten

---

[1]) Manès. *Notice géologique sur la Silésie.* Ann. des Mines. (1) XI, 1825, p. 3—70. Spätere Literatur bei Sachs. *Bodenschätze Schlesiens.* S. 45—47.

[2]) F. R. Carpenter. *Ore-Deposits of the Black Hills.* Trans. Am. Inst. Min. Eng. Vol. XVII, p. 570 ff. Noch nicht veröffentl. Arbeiten von S. F. Emmons.

in einem Reicherzmittel können wolkig umgrenzte taube Schieferpartien vorkommen, wie aus dem Profil Fig. 224 ersichtlich ist. Uns vorliegende Belegstücke von der Homestake Mine bestehen aus einem schieferigen Tremolitgestein mit grünem Glimmer und etwas Granat, Chlorit und Quarz. Das Gestein ist förmlich mit Magnetkies durchtränkt, der sichtlich die erwähnten Silikate verdrängt hat.

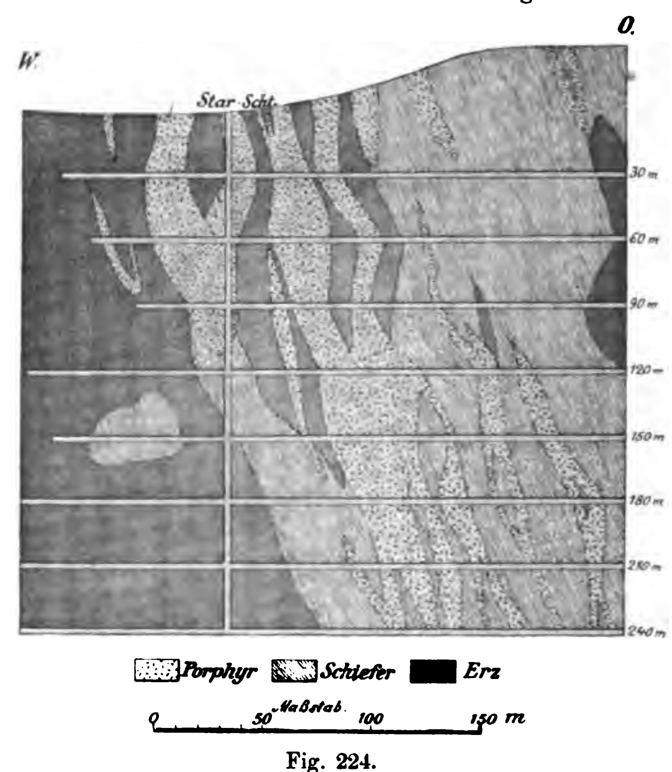


Fig. 224.
Schnitt durch die Fahlbandzone von Homestake
nach S. F. Emmons.

Die schon seit 1878 bestehende Homestake Mine zeichnet sich durch die gewaltige Erzproduktion von 4000 t pro Tag aus, die in Pochwerken von etwa 1000 Stempeln verarbeitet werden.

2. Die Gold führenden Lagerstätten in den appalachischen Staaten[1]).

Dieses und einige folgende Beispiele könnten auch bei den Gängen ihren Platz finden. Da aber neben den typischen Lagergängen auch

[1]) Wichtigste Literatur: H. Credner. *Beschreibung von Mineralvorkommen in Nordamerika.* B. u. H. Z. 1866, S. 55 und 144. — Derselbe. *Geogn. Skizzen*

Imprägnationszonen von lagerartigem Verhalten hier vorkommen, mögen sie hier behandelt werden.

Die appalachischen Goldlagerstätten finden sich in einer breiten Zone zwischen der Ostküste Nordamerikas und der Gebirgskette der Alleghanies. Diese Region beginnt im Norden in Nova Scotia, wo 1861 bei Halifax das erste Gold entdeckt wurde, und zieht sich in südwestlicher Richtung alsdann bis durch Alabama hindurch. Hier in den Südstaaten war schon den spanischen Entdeckern das Goldvorkommen bekannt. Die Lagerstätten liegen sämtlich im Gebiet von kristallinen Schiefern, wie Glimmergneisen, Hornblendegneisen, Glimmerschiefern, Hornblendeschiefern, Quarzit-, Chlorit- und Serizitschiefern, die teils archäischen, teils algonkischen oder noch jünger paläozoischen Alters sind. Alle diese Gesteine sind in den Goldgebieten gewöhnlich bis zu 15—30 m Tiefe vollständig zersetzt zu tonig-lettigen, von G. F. Becker Saprolith genannten Massen.

Die große Mehrzahl der Lagerstätten besteht aus Gesteinszonen, die zahlreiche, oft dicht gescharte, in der Hauptsache der Schichtung vollständig parallele, zuweilen aber dieselbe lokal auch überschneidende Quarzschmitzen enthalten. Solche Schmitzen und Linsen können durch Diagonaltrümer verbunden sein, die oft einer transversalen Schieferung folgen. Die Quarzlinsen führen goldhaltigen Eisenkies, mehr untergeordnet auch goldhaltigen Kupferkies und Arsenkies, sowie Bleiglanz und Zinkblende, nur selten endlich, wie bei Kings Mountain Grube, N. C., Telluride. Da zuweilen inmitten des Quarzes Fragmente des umgebenden kristallinen Schiefers sich eingeschlossen finden, ist die epigenetische Natur dieser Goldquarzschmitzen nicht zweifelhaft. Diese Annahme wird noch durch das wenn auch seltene Auftreten von echten Spaltengängen (vergl. I. S. 427 u. 431) von derselben mineralischen Zusammensetzung unterstützt. Außer den bauwürdigen Quarzlinsen

---

aus Virginia, Nordamerika. Z. d. D. G. G. 1866, S. 77. — W. B. Phillips. *The Lower Gold Belt of Alabama.* Geol. Surv. of Alabama. Bull. 3. 1892. — G. F. Becker. *Reconnaissance of the Gold-Fields of the Southern Appalachians.* XVI. Ann. Rep. of the U. S. Geol. Surv. 1894—95, S. 289ff. — H. B. Nitze. *The Gold-Ores of North Carolina.* Geol. Surv. of N. Carolina 1895, Bull. 3. — Derselbe. *Gold Mining in the Southern Appalachian States.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., 1895. — H. B. Nitze and Wilkens. *The present condition of gold mining in the Southern Appalachian States.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., Vol. 25, 1896, pp. 661—796, 1021, 1025. — L. C. Graton. *Rec. of some gold and tin deposits of the southern Appalachians with Notes on the Dahlonega mines by W. Lindgren.* Bull. 293, U. S. Geol. Surv. Washington 1906.

kennt man in demselben Gebiete noch fahlbandartige Imprägnationszonen in den kristallinen Schiefern mit denselben oben genannten Erzen, in feinster Verteilung eingesprengt. Die so imprägnierten Gesteine sind dann gewöhnlich zugleich verkieselt.

Die Goldquarzschmitzen der südlichen Appalachengebiete zeichnen sich durch ihren Reichtum an Begleitmineralien aus, die sie zum Teil in verwandtschaftliche Beziehung zu Pegmatiten bringen (vergl. auch I, S. 427). Wir führen nach L. C. Graton an: Kalzit, Serizit, Biotit, Chlorit, Apatit (Haile M., Ferguson M.), Rutil, Fluorit (Schlegelmilch M.) und Graphit (Kings Mountain M.), sowie von Erzen außer Gold, Pyrit, Bleiglanz, Blende, Pyrrhotit, Kupferkies, Enargit, Arsenkies (Kings Mountain M.), Tetraëdrit, Wismut (Asbury M.), Tetradymit (do.), Nagyagit und Altait (Kings Mountain), Molybdänglanz (Haile), Ilmenit (Ferguson u. a.), Magnetit (goldführender Zinnerzgang der Jones M.), Zinnstein (Brewer M.). Neben Quarz sind von diesen allen Serizit und Biotit besonders häufig. Auch die Turmalin-Quarzgänge der Gegend enthalten Spuren von Gold.

Die Erze sind im allgemeinen ziemlich arm. Die eigentlichen Lagergänge halten meist zwischen 13—20 g p. t, die Imprägnationszonen sind häufig viel ärmer. Die Feinheit des Goldes beträgt im Durchschnitt 900.

Die Einwanderung der goldhaltigen Lösungen hat wahrscheinlich schon vor der Jura-Trias-Zeit stattgefunden, da die diesem Zeitabschnitt angehörigen Konglomerate dieser Gegend bereits Gold enthalten. Dies gilt wenigstens unter der Voraussetzung, daß der Goldgehalt dieser jura-triasischen Konglomerate primär ist.

Unter allen den zahlreichen Beispielen verdienen die zugleich Tellurwismut führenden Lagerstätten dieser Art in der Umgebung von Dahlonega in Georgia besonderes Interesse.

Nach H. Credner treten hier in einer bestimmten, jedoch weder durch Schichtungsflächen noch Klüfte begrenzten Zone des Chloritschiefers von nur 8 cm Mächtigkeit viele 1,5—3 cm starke Schmitzen, sowie einzelne nußgroße Ausscheidungen von Quarz auf, die neben Granat, Blättchen von silberweißem Glimmer, Eisenkies und Brauneisenerz vereinzelte kleine, schuppige Partien von lichtbleigrauem Tetradymit enthalten. Durch den umgebenden Chloritschiefer ziehen sich außerdem kleine spaltenförmige Drusenräume, in denen gediegen Gold in traubenförmigen Büscheln, durchwachsen von kleinen hellen Quarzkristallen, ausgeschieden ist. Oft hängen Aggregate von kristallisiertem Gold nur an einem dünnen Draht am Schiefer fest. Auch der Hornblendegneis von Dahlonega, der sich dort zwischen Itakolumit ähnlichen Quarzitschiefern eingeschaltet findet, enthält Gold und zwar in moos-, draht- und blattförmigen Gestalten, zusammen mit dem Tellurwismut in Quarzschmitzen eingewachsen.

Bei mehreren anderen Gruben in der Nähe dieses Ortes, die W. Lindgren und E. C. Eckel untersuchten[1]), sind die beiden vorherrschenden Gesteine Biotitschiefer und Amphibolit von regionalmetamorphem Ursprung. Erstere werden bei Benning-Mine von Granit durchbrochen. Die Goldquarzgänge sind noch jünger als dieser Granit.



Fig. 225.
Erzstufe von der Lockhart Mine bei Dahlonega nach W. Lindgren.
G Granataggregat, *Q* Goldquarz mit Sulfiden, *B* dunkelgrüner Glimmer.

Sie bevorzugen den Kontakt zwischen diesem und den schieferigen Gesteinen oder mindestens dessen Nähe. Sie folgen der Schichtung der Schiefer. Der Quarz ist meist derb und milchweiß, zuweilen auch drusig.

[1]) E. C. Eckel. *Gold and pyrite deposits of the Dahlonega district.* Contributions to the economic geology for 1902. Bull. 213. U. S. Geol. Surv. 1903. — W. Lindgren. *Notes on the Dahlonega Mines.* Bull. 293. Econ. Geol. U. S. Geol. Surv. 1906.

Neben Freigold enthält er Pyrit, Kupferkies, Blende, sowie spärlichen Pyrrhotit. Im Benning-Gang findet sich Magnetit mit Kupferkies und Pyrrhotit, sowie mit Kalzit und Chlorit verwachsen. Seltene Bestandteile sind Granat, Apatit, Ilmenit, Muskovit, dunkelgrüner Glimmer, grüne Hornblende und Gahnit.

Der Goldgehalt ist an Erzfälle gebunden, die spitzwinklig zur Fallinie der Quarzgänge orientiert sind und zwar immer nach der gleichen Richtung.

Das Nebengestein ist mit Golderzen imprägniert, doch meist unter der Abbaugrenze. Das Gold hat hier die gleichen Begleiter, wie im Gang selbst.

Um diesen merkwürdigen Erztypus, Goldquarzschmitzen mit Granat hervorzuheben, bringen wir in Fig. 225, S. 125 die Abbildung einer polierten Gangstufe.

Seit der Entdeckung des Goldes bei Dahlonega im Jahre 1828 hat der Staat Georgia bis 1900 für 16—17 Mill. Dollars Gold geliefert.

Merkwürdig sind auch die von Faribault[1]) aus Nova Scotia beschriebenen Goldquarzlager. Sie sind mit wenigen Ausnahmen an die antiklinalen Falten des aus Schiefer und Quarzit bestehenden Gebirges gebunden und zwar an solche Stellen, die infolge einer zweiten Aufsattelung eine domförmige Auftreibung erlitten haben, stellen also den Sattelgängen von Bendigo analoge Bildungen dar.

Elf solche ungefähr parallele Antiklinalen sind östlich von Halifax bekannt. Von 21 durch die geologischen Aufnahmen nachgewiesenen Schichtengewölben auf den Antiklinalen enthalten 14 in Abbau begriffene und 6 wenigstens nachgewiesene Goldquarzkappen. Die Aufblätterung erfolgte gewöhnlich an der Grenze zwischen Quarzit und Schiefer und war verbunden mit Gleiterscheinungen, wie die Rutschflächen am Nebengestein zeigen. Die Hohlräume entstanden sehr allmählich und wurden von dem goldhaltigen Quarz ebenso allmählich ausgefüllt, wie die Krustenstruktur der Erzkörper beweist. Die Mächtigkeit der bis jetzt bearbeiteten Sattelgänge schwankt zwischen 0,4—0,7 m. Auf der Golden Hill-Kuppel sind etwa 55 verschiedene Erzkörper auf der Nordseite einer solchen Antiklinale ausgerichtet worden. Übrigens sind in der Gegend auch echte Spaltengänge von derselben Zusammensetzung bekannt.

In Südamerika finden wir ähnliche Lagerstätten in Brasilien, so namentlich im Gebiete westlich von der Serra Mantiqueira[2]) und der von jener nach N. ausgehenden Serra do Espinhaço (Minas Gerães)[3]).

[1]) E. R. Faribault. *The Gold Measures of Nova Scotia and Deep Mining.* Paper read before the Canad. Min. Inst. March 1899.

[2]) A. Pissis. *Vorkommen und Gewinnung des Goldes in Brasilien.* Ref. in der B. u. H. Z., 1842, p. 752.

[3]) v. Eschwege. *Pluto Brasiliensis 1833.* — de Bovet. *L'industrie minérale dans la province de Minas Gerães.* Ann. des Mines (8). III, 1883, p. 85 bis 208. — Ferrand. *L'or à Minas Gerães.* Vol. I, 1894, p. 21—26.

Auf den älteren Gneisen ruhen hier in häufiger Wechsellagerung Tonschiefer, Quarzitschiefer und Itabirite (an fein eingesprengtem Magnetit und Eisenglanz reiche Serizit-Quarzitschiefer, die typisch bei dem Orte Itabira entwickelt sind). Obenauf liegen lockere Quarzite und Sandsteine. Die Itabirite und vorzüglich gewisse Jacutinga genannte, eisenschüssige, zerreibliche Einlagerungen sind an zahlreichen Stellen goldhaltig. Besonders zu Ouro Preto hat man in zahlreichen Tagebauen die Jacutinga überall dort abgebaut, wo sie von Quarzgängen durchzogen ist. Die meisten Autoren denken an eine Einwanderung des Goldes in die quarzitischen Schiefer von den dort überall vorhandenen goldhaltigen Quarzgängen aus.

β) Beispiele aus Europa.

Auch in Europa ist dieser Lagerstättentypus vertreten, aber anscheinend noch nicht so genau wissenschaftlich untersucht, wie bei den Beispielen aus den Alleghanies. Wir erwähnen nur kurz nach J. G. Klemm die goldführenden Quarzite der Sierra Guadarrama nördlich von Madrid[1]. Auch in dem einst berühmten römischen Goldbergbaugebiet im Somedogebirge des nordwestlichen Spaniens kommt das Gold nach Th. Breidenbach[2]) als Staubgold in Imprägnationszonen eines Schiefergebirges vor. Nur die goldhaltigen Schiefer wurden von den Römern abgebaut, die sehr goldarmen Quarzgänge der Gegend gar nicht berührt.

Etwas ausführlicher haben wir eine in den österreichischen Alpen gelegene Lagerstätte dieser Art im folgenden zu schildern:

Die Goldlagerstätten von Zell im Zillertal.

Die Glimmerschiefer, phyllitischen Schiefer und Talkschiefer des Zillertales enthalten nach A. R. Schmidt[3]) am Tannenberge, Heinzenberge und am Rohr bei Zell, sowie am Leimacher Berge bei Hippach und von da bis gegen Thurnberg und Kaltenbach eine Menge von der Schichtung parallelen, Gold führenden Quarzausscheidungen, die gewöhnlich von schwärzlich-grauem, mit Arsen- und Eisenkies fein im-

---

[1]) J. G. Klemm. *Das Vorkommen des Goldes im mittleren Spanien.* B. u. H. Z., 1867, S. 125.

[2]) Th. Breidenbach. *Das Goldvorkommen im nördlichen Spanien.* Z. f. pr. G., 1893, S. 20.

[3]) A. R. Schmidt. *Geognostisch-bergmännische Skizzen über die Erzlagerstätten Tyrols.* B. u. H. Z., 27. Bd., 1868, S. 9—11 und 53—54.

prägniertem Tonschiefer begleitet werden. Diese lagerartigen goldhaltigen Massen führen im Gegensatz zu dem glasigen Quarz ebenfalls dort vorkommender tauber Schmitzen dieses Mineral in einer trüben, milchweißen oder bläulichen Ausbildung. Die einzelnen Lager kann man nur kurze Strecken weit verfolgen, sie bilden aber in ihrer Gesamtheit einen langen einheitlichen Zug. Die meisten sind nicht bauwürdig. Nur am Heinzenberg bei Zell hat sich zeitweilig der Vincenzi-Bergbau zu größerer Bedeutung entwickeln können.

Es ist bemerkenswert, daß man neben den neun dort früher abgebauten Lagern im grauen Tonschiefer auch Quarzgänge kennt, die aber nie Gold geführt haben sollen. Die Lager folgen mit gleichem Streichen und Fallen unter 65—75° nach S. in geringen Abständen hintereinander und sind von wenigen cm bis 12 m mächtig. Das wichtigste von ihnen ist das Friedrichslager, auf welchem man einen 120—140 m breiten, diagonal zwischen dem Streichen und der Falllinie in die Tiefe ziehenden Erzfall bauwürdig befunden hat. Schon diese Erzverteilung in Form von Adelsvorschüben spricht für die epigenetische Entstehung dieser Lagerstätten. Übrigens bestehen dieselben durchaus nicht in ihrer ganzen Mächtigkeit aus Quarz, sondern vielmehr in der Hauptsache aus mit Quarz durchtrümertem Schiefer.

Das Gold kommt meist gediegen, sehr fein eingesprengt, selten in sichtbaren Körnchen und Blättchen vor. Die gewöhnlichen Goldgehalte betrugen pro t für:

den ausgehaltenen Quarz	35—122 g,
das Haufwerk aus Quarz und Schiefer .	5,2 g,
den goldhaltigen Schiefer	1,8 g.

Auf 1 t Schiefer entfielen aber in der Regel nur 3,8 kg Quarz.

Der Vincenzi-Bergbau begann im Jahre 1628. Im Jahre 1858 wurde er vom Ärar an eine Gewerkschaft veräußert. Im Jahre 1906 wurden bei den Aufschlußarbeiten im Golderzbergbau Zell am Ziller 100 t freigoldhaltige Erze im Werte von 300 K gewonnen.

Eine andere alpine Lagerstätte ähnlicher Art ist die von Schellgaden[1]) im Lungau an der steirisch-salzburgischen Grenze. Die Gold führenden Pyrit und Bleiglanz, seltener Freigold führenden Quarzlinsen im dortigen kristallinen Schiefer enthalten nach K. A. Redlich auch Turmalin.

---

[1]) Beyschlag. *Der Goldbergbau Schellgaden in den Lungauer Tauern.* Z. f. pr. G., 1907, S. 210. — K. A. Redlich. *Turmalin in Erzlagerstätten.* Tschermaks Mitt. XXII, H. 5, 1903.

Im Anschluß an diese alpinen Lagerstätten seien ganz kurz auch die von Pošepny und Barviř beschriebenen, ähnlichen Vorkommen im Gneise des Böhmerwaldes bei Bergreichenstein erwähnt.

γ) Beispiele aus Afrika.

In der Ayrshire-Grube[1]) im Lomagunda-Gebiet im **Maschona-Land**, Rhodesien, hat man auf 450 m streichende Länge drei parallele Lager von goldhaltigem Hornblendegestein aufgeschlossen, die tauben Hornblendeschiefern mit steilem Einfallen nach N. zwischengeschaltet sind. Noch nicht 100 m im Liegenden der Golderzlager grenzen die Schiefer an einen grobkörnigen Hornblendegranit, und auch im Hangenden, nach N. hin, am Chibadziberg schließt sich ein Granit an. Das Gestein der drei goldführenden Lager besitzt die Struktur und Zusammensetzung eines Hornblendegneises. Neben Oligoklas und grüner, stengeliger Hornblende, welche vorwalten, bemerkt man Orthoklas, Mikroklin, Quarz, Biotit, Epidot, Zoisit, Granit, Titaneisenerz, Titanit, Zirkon, Magnetkies, sehr selten auch etwas Graphit. Die Ausscheidungsfolge der genannten Mineralien entspricht nicht der bei echten Dioriten üblichen Sukzession, sondern deutet auf eine Metamorphose. Insbesondere umschließen die Plagioklase nicht selten grüne Hornblenden, diese wieder Quarze. Das Gold kommt als Einschluß inmitten von Quarz, frischem Plagioklas,



Fig. 226. *Hornblendegneis von Lomagunda.* Vergr. 150, bei pol. L.
o Orthoklas mit Einschlüssen von Gold, wo gestrichelt, zersetzt, *pl* Plagioklas, *q* Quarz, *h* Hornblende, *e* Epidot, alle vier mit Einschlüssen von Gold, *ph* Plagioklas mit Hornblendemikrolithen, *it* Ilmenit mit Titanitrand, *t* Titanit, *b* Biotit, *m* Magnetkies.

---

[1]) R. Beck. *Einige Bemerk. über afrikan. Erzl.* Z. f. pr. G. 1906, S. 208 und *Note on the gold-bearing rock of the Ayrshire Mine usw.* Transact. Geol. Soc. S. Africa. Read 18th March 1907. — J. W. Gregory. *The Mining Fields of Southern Rhodesia in 1905.* Transact. Inst. of Min. Eng. London 1906. — J. E. Spurr. *Gold in the Dioritic Rock from Mashonaland, Africa.* Eng. and Min. Journ. Oct. 3, 1903, p. 500, 1 Fig.

Orthoklas, grüner Hornblende, sowie auch Epidot vor, ist vor allem aber gern an den Rändern von Hornblende und Magnetkies zu finden, fast immer nur in mikroskopisch kleinen Körnchen und Kriställchen. Es hat offenbar gleichzeitig mit der Umkristallisierung und Strukturänderung des ursprünglichen Diorites seine jetzige Verteilung und Ausbildung erhalten. Es mag bereits im dioritischen Magma enthalten gewesen sein, hat aber während der Metamorphose eine Anreicherung erfahren, wie denn auch Gregory gezeigt hat, daß die am meisten geflaserten Varietäten des goldführenden Gesteins die reichsten sind. Das schematisch gehaltene Dünnschliffbild Fig. 226 (kombiniert aus verschiedenen Stellen eines Präparates) erläutert das Gesagte.

Die etwa 3 m mächtige Erzzone hatte anfangs einen durchschnittlichen Goldgehalt von 23 g p. t, stellenweise bis 30 g, ja bis 43 g p. t. Von ca. 50 m Tiefe ab hielten sich die Goldgehalte meist nur zwischen 9 und 15 g p. t. Man kann dort noch Gestein bis 6,5 g p. t lohnend gewinnen.

Etwa 15 km südlich von dem Ayrshire-Lager wurde später eine goldhaltige Konglomeratbank entdeckt, die auf 4,5 km streichende Länge verfolgt wurde. Auf 3,5 km ist der Ausstrich von den Alten bearbeitet worden. Diese Konglomerate[1]) bestehen aus Geröllen von Granit, Quarzit und anderen kristallinen Gesteinen, die von einem quarzreichen Biotit-Amphibolit verkittet sind. Die Partien des Bindemittels, in denen reichlich Quarz vorhanden ist, zeigen typische Pflasterstruktur. Streifenweise ist viel Magnetit, sowie wenig Pyrit eingesprengt.

Aus der Arbeit von J. W. Gregory[2]) ergibt sich, daß in gewissen Bänken das Bindemittel abweichend entwickelt ist. Es geht nämlich in einen Glaukophanschiefer über, dem Biotit, Epidot und Quarz beigemengt ist.

In der Eldorado-Mine, nahe am Hunyani-Fluß, wo die goldhaltige Bank durchschnittlich 1,8 m mächtig ist, beträgt der mittlere Gehalt 24 g p. t. Am reichsten ist das Gestein dicht an dem das Liegende bildenden Talkschiefer. Mit den Rand-Konglomeraten hat dieses Vorkommen keine Ähnlichkeit.

In **Transvaal** gehören nach Schmeisser[3]) hierher z. B. die Goldlagerstätten der Sutherlandgrube westlich von Leydsdorp, nach

---

[1]) R. Beck. *Einige Bemerk. über afrikan. Erzl.* Z. f. pr. G. 1906, S. 208.

[2]) J. W. Gregory. *The ancient auriferous conglomerates of Southern Rhodesia.* Pap. before The Inst. of Min. and Met. London May 17, 1906, p. 563—578.

[3]) Schmeisser. *Über Vorkommen und Gewinnung nutzbarer Mineralien in der südafrikanischen Republik.* 1894, S. 33.

Molengraaff[1]) diejenigen in den kristallinen Schiefern von Barberton, vor allem aber die meisten Goldvorkommnisse der sogenannten Goldküste von **Westafrika,** nördlich und südlich vom Konggebirge. Früher fand dort Bergbau in folgenden Distrikten statt: in Denkira mit Wassau, Encasse, Juffer und Commendah, Acanny, Akim, Aschanti, Adansi und Aowin. Über die goldführenden Konglomerate von Tarkwa in Wassau wird weiter unten berichtet werden. Die früher bedeutendere Produktion ist zurzeit bis auf einen Jahresdurchschnitt im Werte von 102000 $ heruntergegangen [2]).

Auch in **Deutsch-Ostafrika** gibt es derartige Lagerstätten. So enthalten nach C. Dantz[3]) die Eisenquarzitschiefer (Itabirite) in der Landschaft Msalala eine goldführende Zone von zelligem, eisenschüssigem, sekundärem Quarz. Ähnliche findet man nach J. Kuntz[4]) in Ussongo und in Ussindja. Beim Augusta Reef nahe Sct. Michael zu Msalala hat sich aus dieser sekundären Verquarzung ein eigentlicher goldführender Quarzgang entwickelt (von Janke entdeckt). J. Kuntz vergleicht alle diese ostafrikanischen Vorkommen mit den ebenfalls goldhaltigen gebänderten Eisenquarzitschiefern von Schweizer Rennecke westlich von Potschefstrom in der Transvaalkolonie. Alle scheinen unbauwürdig zu sein. Noch sei bemerkt, daß das Seifengold vieler Wasserläufe in Ussindja aus diesen Gesteinen stammen dürfte.

An Belegstücken, die von Superbie gebracht wurden, zeigte A. Lacroix[5]), daß am Mandraty-Fluß auf **Madagaskar** Biotitgneise vorkommen, in deren Gemengteilen (im Quarz, Orthoklas, Oligoklas und Biotit) winzige Kriställchen von Gold eingeschlossen sind, während außerdem noch selbständige Körner und Kriställchen reichlich an der Zusammensetzung des übrigens völlig pyritfreien Gesteins teilnehmen. Auch die Magnetit-Quarzite derselben Gegend enthalten das Gold in dieser Weise.

Ein ähnliches Vorkommen von Gold in einem Biotitgneis erwähnt J. Kuntz (brieflich) von Mevatanana zwischen Tananarivo und Majunga. Übrigens sind nach diesem Gewährsmann in allen Teilen der Insel Granite, Gneise und Schiefer mit Goldspuren bekannt.

---

1) G. A. F. Molengraaff. *Géol. de la Rép. Sud-Africaine.* p. 17.

2) Z. f. pr. G., 1899, S. 374.

3) C. Dantz. *Berichte über seine Reisen von 1898—1900.* Mitt. aus den deutsch. Schutzgeb. 1902.

4) Freundliche briefliche Mitteilungen an den Verf.

5) A. Lacroix. *Sur l'origine de l'or de Madagascar.* Comptes rendues de l'Acad. d. Sc. Paris, CXXXII, 21 Janv. 1901, S. 180—182.

Unter den fahlbandartigen Goldlagerstätten **anderer Länder** möge hier kurz erwähnt sein das Vorkommen von

Goldhaltigen Pyriten im Chloritschiefer von Schuwalinsky im Ural.

Im Kapotinsky-Bergwerk werden dort Schiefer mit eingestreutem Pyrit abgebaut, die 20,8 g Gold p. t Gestein enthalten. Auf 1 t aufbereiteten Pyrit kommt 181,8 g Gold[1]).

II. Epigenetische Erzlager innerhalb nicht kristalliner Schichten.

a) Sogenannte Kieslagerstätten[2]).

1. Die Alaunschiefer.

In den durch fein verteilte Kohle oder auch Schungit oder Graphit dunkel gefärbten Tonschiefern der paläozoischen Formationen findet sich in zahlreichen Gegenden der Erde Schwefelkies in solcher Menge eingestreut, daß ehemals in Deutschland und Österreich ein bedeutender Bergbau diese natürlichen Konzentrationen des Schwefels nutzbringend ausbeuten konnte. Man häufte diese sog. Alaunschiefer zu großen Halden auf, überließ sie ein paar Jahre der Zersetzung durch die Atmosphärilien und laugte die entstehenden basischen Eisenoxydsulfate, die freie Schwefelsäure und in vielen Fällen auch die in tonerdereichen Schiefern endlich sich bildenden Kaliumalaune mit Wasser aus. Besonders der Thüringer Wald ist reich an den Resten verlassener Alaunschieferbergbaue. In Bayern lagen die wichtigsten im Schiefergebiet von Berneck.

Eines der großartigsten und geologisch interessantesten Beispiele hat uns aus Böhmen F. Slavík[3]) geschildert, dessen Darstellung das folgende entnommen ist:

Im westlichen Böhmen, besonders in der Gegend nordöstlich und nördlich von Pilsen, so namentlich bei Weißgrün unweit Radnic, sind dem Präkambrium (Algonkium) viele effusive Decken eines als Spilit bekannten diabasischen Gesteines eingeschaltet. In derselben Region finden sich auch zwischen den präkambrischen Tonschiefern zahlreiche

---

[1]) Belegstücke und freundliche Mitteilungen von Herrn A. Abrossimow.

[2]) Diese Abteilung steht in engster Verwandtschaft mit den Kieslagerstätten im kristallinen Schiefergebirge.

[3]) F. Slavík. *Über die Alaun- und Pyritschiefer Westböhmens.* Bulletin internat. de l'Acad. des Sciences de Bohême. 1904, 66 S. Mit 1 Taf. und 1 Karte.

Zwischenlager eines an fein eingestreutem Pyrit und Graphit sehr reichen Alaunschiefers, ferner solche von Pyritschiefer, d. i. wesentlich aus Pyrit bestehendem Schiefer mit Zwischenlagen von schwarzem Tonschiefer und zarten Kalkspatschmitzen, endlich auch einige derbe Schwefelkieslager. Der Pyrit hat den Faltungsprozeß mitgemacht, wie sich bei den Pyritschiefern zeigt, die oft eine intensive Fältelung zur Schau tragen. Zuweilen grenzen die pyritführenden Gesteine unmittelbar an die Spilite, zuweilen auch schieben sich zwischen sie und die Eruptivdecken normale Tonschiefer ein. In der Nachbarschaft der pyritreichen Schiefer enthalten übrigens mitunter auch die Spilite Pyrit, und zwar ebenfalls zusammen mit Graphit. Hierbei hat sich der Pyrit in den porphyritischen Abänderungen in der Grundmasse ausgeschieden unter Verschonung der Einsprenglinge, in den Varioliten dagegen zuweilen auch innerhalb der Variolen. Außerdem hat er zugleich mit Quarz und Karbonaten kurze Spältchen ausgefüllt.

F. Slavík nimmt an, daß der Pyrit durch Thermalquellen, die im Gefolge der Spiliteruptionen hervorbrachen, innerhalb des noch nicht festen abyssischen Meeresschlammes abgesetzt sei. Den Pyrit in den Spiliten dagegen erklärt er sich durch die Hypothese einer Resorption von schon fertigem Alaun- und Pyritschiefer durch das Magma des durchbrechenden Eruptivgesteins. Auch in bereits fertige Gesteinsschichten seien jene thermalen Lösungen eingedrungen und hätten hierbei schwache Kalksteinbänke mit Kies und Quarz imprägniert, wodurch die übrigens nur spärlichen kompakten Kiesschichten entstanden seien. Bemerkenswert ist ein sehr unbedeutender Kupfer- und stellenweise auch Arsengehalt der Alaunschiefer. Wir geben eine von J. Friedrich in Prag ausgeführte Analyse eines Alaunschiefers von Weißgrün wieder:

SiO_2	61,56 Proz.	K_2O	3,54 Proz.
Al_2O_3	16,15 „	C	3,90 „
Fe_2O_3	0,83 „	S	2,41 „
FeO	4,81 „	P_2O_5	0,29 „
CaO	0,84 „	Cu	Spuren
MgO	1,46 „	H_2O chem. geb.	1,27 „
Na_2O	2,12 „		99,18 „

Es wird zu untersuchen sein, ob auch die Alaunschiefer anderer Gegenden räumlich an Effusivgesteine gebunden sind. Jedenfalls verdient die Slavíksche Erklärung Beachtung.

Das Pilsener Gebiet, besonders Weißgrün, war seit 1878 der Hauptsitz der bis 1893 sehr bedeutenden Oleumindustrie. Die Pro-

duktion an Alaunschiefer im Pilsener Kreis betrug darum in den 70er Jahren jährlich über 600000 q.

2. Das Erzlager des Rammelsberges bei Goslar.

Der Rammelsberg, bei der alten Kaiserstadt Goslar am nördlichen Steilrande des Harzgebirges gelegen, wird von Schichten der Devonformation[1]) zusammengesetzt, die hier völlig überkippte Lagerung erkennen lassen. Über diese große Gebirgsstörung gibt das Profil Fig. 227 nach F. Klockmann Auskunft, welchem Autor wir auch bei der folgenden Schilderung in der Hauptsache folgen werden. Danach ist das Lager den mitteldevonischen Tonschiefern (Goslarischen Schiefern)

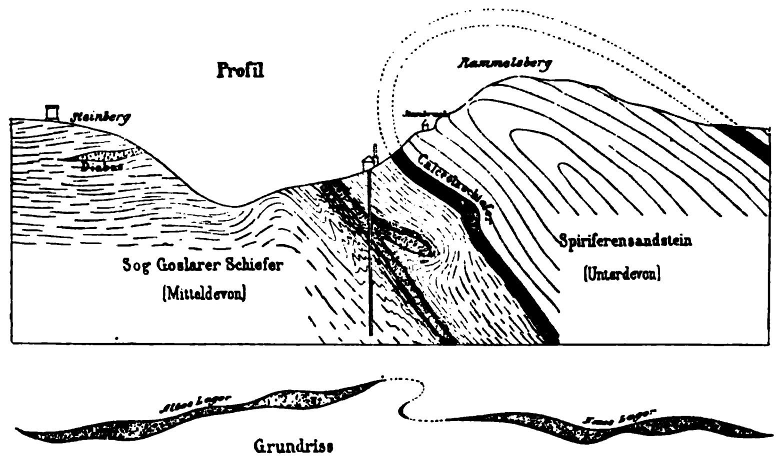


Fig. 227.
Skizze des Rammelsberger Erzlagers nach Klockmann.

des liegenden Flügels der Rammelsbergfalte zwischengeschaltet, die vom Calceola-Schiefer und noch höher hinauf vom unterdevonischen Spiriferensandstein überlagert werden.

Die Erzkörper zeigen deutliche Schichtung, und diese verläuft völlig gleichmäßig mit der Schichtung des Nebengesteins, sodaß alle die zahlreichen Falten und Fältchen des Schiefers auch im Erzlager ihren Ausdruck gefunden haben. Insbesondere wird ein nach dem Hangenden hin abgehendes mächtiges Seitentrum jetzt wohl fast allgemein durch eine Zusammenfaltung des Lagers erklärt. Besonders stark ist die Stauchung und Fältelung des Schiefers im Liegenden des Erzkörpers,

[1]) Beushausen. *Das Devon des nördl. Oberharzes usw.* Abh. d. preuß. geol. L.-A. Neue Folge. H. 30. 1900.

wo sie zugleich mit vielfachen, in das Erz hineingreifenden Zerreißungen verknüpft ist. Diese Zone stärkster dynamischer Einwirkung, gewöhnlich die Wimmersche Leitschicht genannt, wird meist als Überschiebungsfläche nach Art der Ruscheln gedeutet[1]). Außer der Gabelung des Haupterzkörpers in das eigentliche Lager und in das mächtige hangende Trum läßt sich auch in der streichenden Fortsetzung eine S-förmige Umbiegung im Gefolge der das Liegende begleitenden Ruscheln nachweisen, wie aus dem Grundriß in Fig. 227 hervorgeht. Durch diese Umbiegung wird das Lager in das Liegende versetzt, wo es als Neues Lager im Jahre 1859 durch ein Flügelort wieder ausgerichtet worden ist.

Die Fältelung im kleinen wird durch Fig. 228 nach Wiechelt vorgeführt. Sie stellt ein etwa 14 cm langes Handstück der dortigen Werkssammlung dar. Es ist nicht zu bezweifeln, daß diese Umbiegungen nach der Entstehung des Erzlagers und im erhärteten Zustande von Erz und Nebengestein vor sich gingen.



Fig. 228.
Stark gefälteltes Banderz vom Rammelsberg nach W. Wiechelt.
$^1/_2$ der nat. Gr.
b Bleiglanz, *s* Schwefelkies, *k* Kupferkies.

Die Mächtigkeit des Lagers beläuft sich auf 15—20 m, beim Abgang des hangenden Trumes bis auf 30 m. Die bekannte streichende Länge des Alten Lagers beträgt 1200 m. Das Einfallen ist unter 45° nach SO. gerichtet.

Die mineralogische Zusammensetzung des Lagers läßt eine bestimmte Reihenfolge von besonderen Schichten oder Zonen erkennen. Sie lautet vom Hangenden nach dem Liegenden, also von den älteren nach den jüngeren Schichten des Nebengesteines hin, wie folgt:

1. Mit Kiesen durchwachsener Schiefer, sog. Kupferkniest;
2. dichtes Gemenge von Kupferkies und Eisenkies mit etwas Arsenkies;
3. die melierten Erze, das sind feingeschichtete Massen von Kiesen und Bleiglanz;
4. feinkörniges Gemenge von Bleiglanz, Blende, Eisenkies und Schwerspat, die sog. Bleierze, und zwar

[1]) G. Köhler im Essener Glückauf 1894, S. 1615.

a) wenn Blende vorwaltet, Braunerze,

b) wenn Schwerspat vorwaltet, Grauerze.

Als Banderze werden fein lagenförmig aufgebaute, oft stark gefaltete und gefältelte Massen bezeichnet, bei denen schieferige Lagen mit feinen Erzschichten wechseln. Solche Banderze vermitteln besonders im NO. und ganz ähnlich auch im SO. den Übergang des Haupterzlagers zum Tonschiefer. Besonders schön kommen sie nach Wiechelt auf der zweiten Strecke im westlichsten Teile des Alten Lagers vor im Hangenden des derben Erzlagers. Auch im heutigen Liegenden sind sie von manchen Stellen bekannt.

Die Mineralien des eigentlichen Rammelsberger Lagers sind dicht und derb. Auf durchsetzenden Gangklüften finden sich dagegen auch kristallisiert Kupferkies, Bleiglanz, Fahlerz, Zinkblende, Schwerspat, Kalkspat, Eisenspat, Quarz, Galmei in Pseudomorphosen nach Kalkspat.

Im „Alten Mann", in dem durch Neubildungen verkitteten Bergeversatz, finden sich als sekundäre Gebilde aus historischer Zeit Kupfer-, Eisen-, Zinkvitriol, Botryogen (ein wasserhaltiges Eisenmagnesiasulfat), Copiapit, Vitriolocker, Gips und Haarsalz.

Zurzeit halten noch manche Forscher[1]) daran fest, daß die Lagerstätte des Rammelsberges, wie das zuerst durch K. v. Böhmer (1793) ausgesprochen wurde, sedimentären Ursprungs sei. Noch F. Klockmann suchte es (1895) wahrscheinlich zu machen, daß die Erze in einer flachen Mulde des bereits von Schieferschlamm erfüllten Meeresgrundes der Devonzeit sich niedergeschlagen haben. Feine Schieferlagen durchziehen nach ihm „wie Jahresringe" die derbe Erzmasse, und die Bleierze nehmen deswegen eine größere Verbreitung ein, weil sie als die jüngste Deckschicht den weitesten Raum der flachen Mulde zur Verfügung hatten. Die Herkunft der

---

[1]) Wichtigste Literatur: G. S. O. Lasius. *Beobachtungen über das Harzgebirge.* 1789—1790, S. 373. — C. F. Freiesleben. *Bemerkungen über den Harz.* 2 Bde. 1795, S. 75. — H. Credner. *Geogn. Verh. Thüringens und des Harzes.* 1843, S. 121. — B. v. Cotta. *Erzlagerstätten.* II, 1861, S. 103. — Derselbe. *Über die Kieslagerst. am R. bei Goslar.* B. u. H. Z. 1864, S. 369—373. — Fr. Wimmer. *Vorkommen und Gewinnung der Rammelsberger Erze.* Zeitschr. f. B., H. u. S. im preuß. St. 1877, B. XXV, S. 119—131. Mit 2 Tafeln. — A. W. Stelzner. *Die Erzlagerstätte vom Rammelsberge bei Goslar.* Z. d. D. G. G. 1880, S. 809ff. — G. Köhler. *Die Störungen im Rammelsberger Erzlager bei Goslar.* Zeitschr. f. B. H. u. S. im preuß. St. 1882, S. 31. — A. v. Groddeck. *Geognosie des Harzes.* 1883, S. 118. — J. H. L. Vogt. *Über die Genesis der Kieslagerstätten vom Typus Röros-Rammelsberg.* Z. f. pr. G. 1894, S. 173ff. u. a. O. — F. Klockmann. *Berg- und Hüttenwesen des Oberharzes.* 1895, S. 57ff. — Söhle. *Beitr. z. K. d. Erzlagerstätte des Rammelsberges.* Österr. Z. f. B. u. H. 1899. — W. Wiechelt. *Die Beziehungen des R. Erzlagers zu seinem Nebengestein.* B. u. H. Z. 1904, S. 285 und Fortsg. mit Taf. VII—X.

Lösungen läßt er noch unbestimmt, glaubt aber, daß sie möglicherweise mit den Diabasen in Zusammenhang stehen. Auch W. Wiechelt hält nur die Knieste für einen sekundär und nach der Entstehung des Lagers erst vererzten Schiefer, für das stark zerdrückte Schieferdach mit zahllosen kleinen erzhaltigen Gangausfüllungen. In der Deutung des eigentlichen Erzlagers dagegen schließt er sich F. Klockmann an. Nach seiner Ansicht waren die Veranlasser der ersten Erzausscheidungen in der flachen See faulende Mikroorganismen, an denen sich durch den im Meerwasser vorhandenen und gelösten Schwefelwasserstoff die ersten Sulfide niederschlagen konnten. Der Schwefelwasserstoff ist nach Wiechelt das Produkt vulkanischer Prozesse in der Devonzeit.

So beachtenswert die gründliche Untersuchung dieses Autors ist, scheint uns die Unsicherheit über die Genesis des Rammelsberger Erzlagers durch dieselbe noch nicht gehoben. Die mitgeteilten Dünnschliffbilder sprechen nicht unbedingt für eine syngenetische Entstehung des Erzes. Wenn hervorgehoben wird: „Zunächst fällt uns in jedem Schliff die eigenartige Anordnung des Schwefelkieses gegenüber den anderen Sulfiden auf. Dieser befindet sich nämlich meist in kompakten, kugeligen bis unregelmäßig länglich geformten Massen im Erz ausgeschieden, während die anderen Erze, wie Bleiglanz, Zinkblende und Kupferkies, sowie auch der Schwerspat sich um ersteren herumlegen, um in gewohnter Weise in die bandförmige Anordnung überzugehen" — so sind das Strukturen, wie sie auch bei Verdrängungsvorgängen zustande kommen.

In letzter Zeit hat man viel Aufhebens von dem Funde von Versteinerungen im Bereiche des Kieslagers gemacht, eines von W. Wiechelt und später von K. Andrée[1]) beschriebenen Goniatiten aus dem Banderz und mehrerer von A. Bode[2]) aufgefundenen Kiessteinkerne von Orthoceras, Tentaculites, Styliolina u. a. aus der wahrscheinlich östlichen Fortsetzung des Erzlagers im Tiefen Julius-Fortunatus-Stolln. Nach der von K. Andrée gegebenen Abbildung eines Dünnschliffes des Wiecheltschen Goniatiten, die eine sehr unregelmäßige Verteilung von Pyrit, Quarz, Schwerspat und Karbonspat innerhalb des Petrefaktes erkennen läßt, vermag man weder für noch gegen sedimentäre Entstehung des Erzlagers daraus sichere Schlüsse zu ziehen. Der Kies hat nicht nur in den ehemaligen Hohlräumen, sondern teilweise auch dort sich ausgeschieden, wo früher Kalkschale war. Verkieste Petrefakten kommen bekanntlich auch sonst nicht selten im Wissenbacher Schiefer vor.

Dementgegen hat namentlich J. H. L. Vogt die schon auf C. F. Freiesleben, der die Lagerstätte als Gang auffaßte, zurückdatierende, auch von Lossen vertretene Theorie, daß die Erze später in das Schiefergebirge eingedrungen seien, mit modernen Argumenten zu verteidigen versucht. Seine Hauptgründe für diese Anschauung sind die Lage der Lagerstätte unmittelbar an gewaltigen Dislokationsflächen, während sein Hinweis auf einen möglichen Zusammenhang der Erzinjektion mit dem 3 km entfernten Ockergranit oder gar dem 8,5 km weiten Radaugabbro vorläufig keine Bedeutung hat.

Der Beginn des altehrwürdigen Rammelsberger Bergbaus wird gewöhnlich auf das Jahr 968 zurückdatiert. Damals, unter Otto des Großen Regierung, bestand die Stadt Goslar schon, die bereits um 930 gegründet sein soll. Die Produktion der

---

[1]) K. Andrée. *Über den Erhaltungszustand eines Goniatiten usw. aus dem Banderz des Rammelsberger Kieslagers.* Z. f. pr. G. 1908, S. 166—167. Taf. I.

[2]) A. Bode. *Über Versteinerungen im Rammelsberger Erzlager.* Zeitschr. d. D. G. G. 58. B. 1906. Briefl. M. S. 332—335.

Grube belief sich im Jahre 1905 auf 31575 t Bleierz und 27491 t Kupfer- und melierte Erze.

8. Das Kies- und Schwerspatlager von Meggen an der Lenne.

Dieses Vorkommen kann besonderes Interesse deshalb beanspruchen, weil hier Eisenkies und Schwerspat in der Zusammensetzung eines sonst einheitlichen Lagers regional sich ablösen[1]).

Das Lager ist den mitteldevonischen Schichten der Attendorn-Elsper Doppelmulde konkordant eingelagert und bildet seinerseits eine Spezialmulde mit einem steilen SO.- und einem schwächer aufgerichteten NW.-Flügel. An den NW.-Flügel schließen sich beim Dorfe Meggen zwei weitere Mulden an, deren Zusammenhang mit der Hauptmulde und untereinander durch die Erosion zerstört worden ist. Die Hauptmulde ist auf 5 km im Streichen verfolgt worden. Innerhalb derselben machen sich wiederholt kleinere Faltungen geltend, sowie auch eine Reihe kleiner Querverwerfungen.

Im Liegenden des Lagers, das eine Mächtigkeit von 3—6 m besitzt, sind Grauwackenschiefer (Lenneschiefer) anzutreffen. Im Hangenden finden sich dichte Knollenkalke mit Prolecanites und mit Einschlüssen von Eisenkies. Diese etwa 4 m mächtigen Kalksteine sind zum Teil dolomitisch. Noch weiter im Hangenden schließen sich Tonschiefer mit falscher Schieferung an (oberdevonische Büdesheimer Schiefer und transgredierend rote Schiefer, „Fossley").

Die beiden folgenden Profile (Fig. 229 und 230), welche die Lagerungsverhältnisse dieser interessanten und in ihrer genetischen Stellung gewiß noch nicht völlig geklärten Lagerstätte sehr übersichtlich darstellen, verdanken wir den Bemühungen des Herrn Kgl. Markscheiders Strauß zu Siegen.

Das Lager besteht im mittleren Teil der Mulde aus Eisenkies, im S. und O. jedoch aus Schwerspat. Die Scheide zwischen beiden ist oft scharf. Hier und dort aber besteht eine Zwischenzone mit einer Mischung der beiden Bestandteile, wie auf der Grube Belmonte, wo eine dünnschichtige Wechsellagerung derselben wahrgenommen wird. Nur insofern ist der Übergang ein allmählicher, als anfangs der Eisenkies nur als schmaler, kaum bemerkbarer Besteg im Liegenden ansetzt und dann mehr und mehr nach dem Hangenden zu anwächst, bis er

---

[1]) M. Braubach. *Der Schwefelkiesbergbau bei Meggen an der Lenne.* Z. f. d. B., H. u. S. im preuß. St., 36. Bd., 1888, S. 215—222. — R. Hundt. *Das Schwefelkies- und Schwerspatvorkommen bei Meggen a. d. Lenne.* Z. f. pr. G., S. 156—161. Mit Angabe älterer Literatur. — Denckmann. Kurze Mitt. Z. d. D. G. G. 1900, S. 112 und ebenda 1903, S. 393—402.

schließlich den Schwerspat gänzlich abgelöst hat. Während an den Ausstrichen an der Lenne beim Dorfe Meggen nur Schwerspat sich

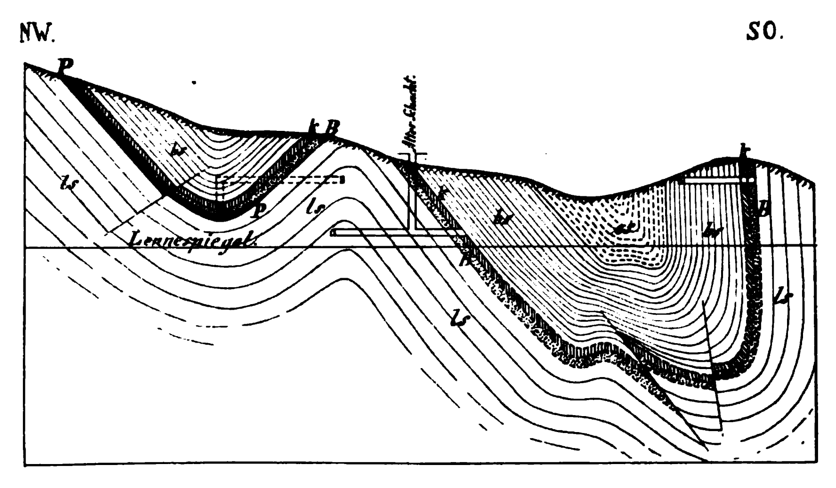


Fig. 229.
Querprofil durch das Meggener Schwefelkies- und Schwerspat-Lager,
angefertigt von Strauß. Maßstab 1 : 8000.
P Pyrit, *B* Baryt, *k* Kalkstein, *bs* Büdesheimer Schiefer, *cs* Cypridinen-Schiefer, *ls* Lenne-Schiefer.

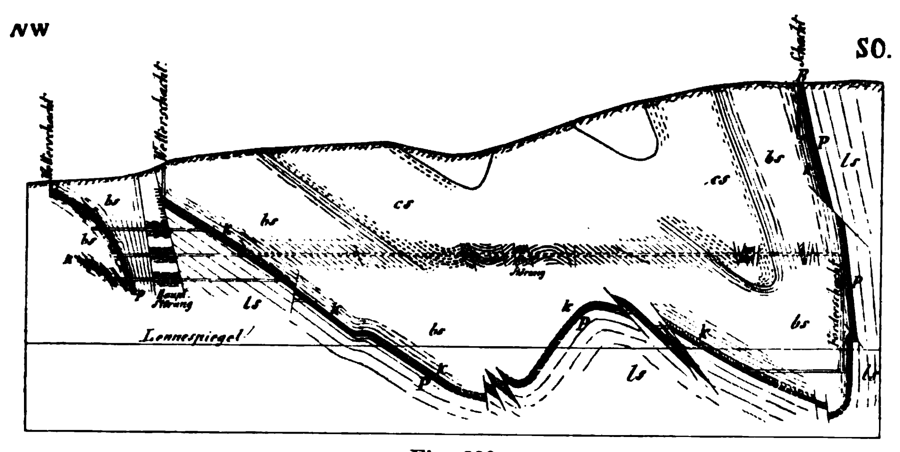


Fig. 230.
Zweites Querprofil durch das Meggener Lager,
angefertigt von Strauß. Erklärung wie bei Fig. 229.

findet, können in einer der Nebenmulden diese Übergänge mit Schwerspat im Hangenden und Eisenkies im Liegenden auf ungefähr 100 m hin verfolgt werden.

Der Eisenkies ist deutlich feinlagenförmig geschichtet und zeigt häufig dieselbe feine Fältelung wie die angrenzenden Schiefer. In uns vorliegenden Proben besitzt der Pyrit eine sehr auffällige, an Oolith erinnernde Struktur. Mohn- bis hirsekorngroße, innen häufig hohle und dann im Dünnschliff mit ringförmigen Durchschnitten erscheinende kugelige Körnchen des Erzes liegen dicht gedrängt nebeneinander. Die Lücken zwischen ihnen, wie auch die inneren Hohlräume sind von dunkelgefärbtem Schwerspat erfüllt. Der Schwerspat dagegen erscheint, wo er allein herrscht, dem bloßen Auge massig entwickelt. Im Dünnschliff zeigt er eine höchst feinkörnig kristalline Struktur, und zahlreiche braune Bitumenflöckchen sind zwischen seine Körnchen eingestreut. Wichtig ist das Vorkommen von Gabelungen des Kieslagers nach Art der Rammelberger, nur in kleinerem Maßstab. Sie werden durch die Annahme erklärt, daß sich taube Zwischenmittel einschieben, die von Verwerfungsklüften abgeschnitten werden.

Der das Lager zusammensetzende Eisenkies ist durch organische Bestandteile schwärzlich gefärbt. Beigemengt ist in dunkelbraunen, dicht erscheinenden Streifen Zinkblende, woher dann die Erze durchschnittlich 8% Zink enthalten und eine Verarbeitung der Kiesabbrände auf dieses Metall eingerichtet ist. Nur ganz geringfügig dagegen ist die Beimengung von Kupferkies und Bleiglanz. Der feinkörnig-kristalline, durch organische Substanzen ebenfalls schwärzlich gefärbte Schwerspat enthält etwa 2% schwefelsaures Strontium.

Da der hangende Kalk stellenweise den Schwerspat im Streichen zu ersetzen scheint, und Schwerspatschmitzen außerhalb des Lagers im Kalke sich finden, vermutete Denckmann in dem Erzvorkommen von Meggen ein Umwandlungsprodukt des Kalkes, der hier den stark zusammengeschrumpften Stringocephalenkalk vertritt. Ganz ausgeschlossen erscheint ein direkter Absatz des Barytes aus dem Meerwasser. Man lese hierüber die chemisch-physikalischen Gründe in der umfassenden, chemisch-geologischen Barytarbeit von G. B. Trener[1]) nach. Höchstens würde man auch hier, wie beim Baryt des Mte Calisio an untermeerische Thermalquellen denken können. Der genannte Autor erwähnt übrigens Meggen in diesem Zusammenhang. Er vermutet hierbei, daß hier vielleicht besonders günstige Verhältnisse einer Unterströmung die so scharf getrennte Lagerung des schwer löslichen Eisensulfides und des Barytes, der sich aus dem leicht löslichen Bariumsulfid bildete, bedingt haben.

---

[1]) G. B. Trener. *Die Barytvorkommnisse von Mte Calisio bei Trient usw.* Jahrb. k. k. geol. Reichsanst. Wien. 1908, Bd. 58, S. 445 usw.

Im Jahre 1905 förderten die beiden Meggener Gruben Sicilia und Siegena 163592 t Schwefelkies. Die Gewinnung von Schwerspat ist erst seit wenig Jahren aufgenommen.

4. Alpine Kieslager des Paläozoicums.

Auch in den österreichischen Alpen sind mehrere derartige Kieslager innerhalb der paläozoischen Schiefer bekannt. Wir führen nur zwei Beispiele an, Kallwang und Öblarn.

Bei Kallwang in Obersteiermark ist den unterkarbonischen Schatzlarer Graphitschiefern nach R. Canaval[1]) eine 0,3—1,2 m mächtige, auf 3500 m im Streichen und auf 300 m im Fallen verfolgte Erzmasse zwischengeschaltet, die hauptsächlich aus Schwefelkies nebst Magnetkies, Kupferkies und wenig Arsenkies besteht. Der den Abbau lohnende Kupferkies ist besonders im Hangenden entwickelt. Er umschließt hier große Würfel von Schwefelkies. Der seit 1469 nachweisbare dortige Kupferbergbau wurde 1867 eingestellt.

Durch die sorgfältigen Untersuchungen K. A. Redlichs[2]) ist neuerdings die Geologie des Kieslagers im Walchengraben bei Öblarn in Obersteiermark aufgeklärt worden. Wir entnehmen ihm folgende Angaben:

Bei Öblarn geht die Kalke führende Granatglimmerschieferzone der Gumpeneck in die paläozoische Quarzphyllitzone über (Vacek). Die Quarzphyllite enthalten neben Bänken von grünem Hornblendeschiefer (wohl metamorphen Diabastuffen) auch die Kieslager, das Alte Walchener, das Heilige Dreifaltigkeits- und das Gottesgaber-Lager. Am weitesten im Hangenden der nach N. geneigten Schichten liegt das seit 1469 abgebaute Walchener Lager, dessen Mächtigkeit 19—114 cm betragen hat. Die beiden andern vereinigen sich und sind dann bis 1, ja 3 m mächtig. Diese Lager bestehen aus Schwefelkies und Kupferkies, daneben Arsenkies, Magnetkies, Bleiglanz, silberhaltigem Fahlerz, Zinkblende, Antimonit, Pyrargyrit, Kalzit; untergeordnet Eisenspat, Ankerit und Quarz, im Hut auch Azurit, Malachit und Limonit. Der Kupferkies bildet im weitaus vorwaltenden Schwefelkies Augen und Linsen oder 1—2 cm breite Trümchen. Der Kupfergehalt nahm nach der Tiefe hin ab (von 6—1 kg per Meterzentner), desgleichen der Gehalt an göldischem Silber (von 18—6 g per q). Neun Analysen aus neuerer Zeit ergaben einen Schwefelgehalt von 33,76—47,72 % (im Durchschnitt 45 %) und Cu 0,71—6,38 % (im Durchschnitt etwa 1 %). Unmittelbar an die Kieslager grenzt ein weißlicher oder gelblichgrüner seidenglänzender Schiefer, reich an Serizit und Quarz und oft mit Einsprenglingen von Pyrit, Arsenkies und Magnetit.

Wenn auch die Kiese im allgemeinen linsenförmig und konkordant den Schiefern eingeschaltet sind, konnten doch deutliche Verquerungen des Nebengesteins an ihnen

---

[1]) R. Canaval. *Das Kiesvorkommen von Kallwang usw.* Mitt. d. naturw. Vereins für Steiermark. 1894.

[2]) K. A. Redlich. *Die Walchen bei Öblarn. Ein Kiesbergbau im Ennstal.* 62 S. Mit 2 Taf. *Bergbaue Steiermarks II.* Leoben 1903. Mit ält. Lit. — Derselbe. *Contrib. à la connaissance des gîtes métallifères des Alpes orientales.* Congr. Intern. des Mines à Liège 1905. V. Question.

nachgewiesen werden, wie das deutlich aus der beifolgenden Fig. 231 nach K. A. Redlich hervorgeht. An dieser bemerkt man zwischen den Buchstaben a und b eine deutliche, ins Liegende hinein vorspringende Apophyse, so zwar, daß sie und die parallel der Schieferung eingeschalteten Teile der Kiesmasse als ein völlig einheitliches Ganze erscheinen.

In früherer Zeit wurde in der Lagerstättenliteratur viel genannt[1]) auch der Kiesstock von Agordo in den venetianischen Alpen.

Aus den älteren Berichten weiß man, daß sich ein Erzkörper, dessen Querprofil B. von Cotta mit der Gestalt einer etwas plattgedrückten Wurst vergleicht, mit 4—80 m Mächtigkeit bis zu 460 m in die Tiefe erstreckt, rings umgeben von Serizitschiefern unsicheren Alters. Dieser Stock wird von derbem, durchschnittlich kaum 2 % Kupfer enthaltendem Eisenkies gebildet, führt auch etwas silberhaltige Blende,

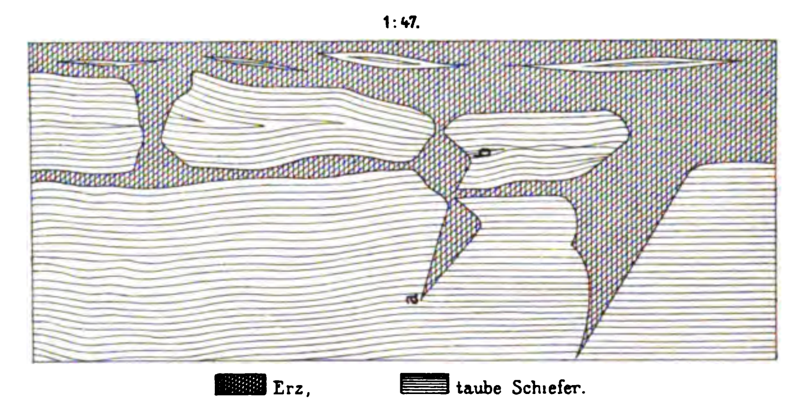


Fig. 231. *Ortsbild der Kieslagerstätte auf der 1. Strecke des Thaddäus-Unterbaus bei Öblarn*, nach K. A. Redlich.

Bleiglanz und Arsenkies, sowie Quarz und Kalkspat. Es brachen auch reichere Kupfererze von 2—8, ganz selten 8—30 % Kupfergehalt mit ein. Noch 1880 produzierte Agordo 14872 t Erz. Jetzt hat man in dem nahe der alten Grube gelegenen Vallimperina die Lagerstätte in Angriff genommen[2]).

Nur kurz erwähnt seien auch die ähnlichen Kieslager, die nach V. Novarese[3]) den Phylliten und Amphibolschiefern des Monte Beth und des Monte Ghinivert im Gebiet von Pinerolo südwestlich von Turin zwischengeschaltet sind.

---

[1]) B. v. Cotta. *Agordo.* B. u. H. Z. 1862, S. 425—427. — B. Walter. *Beitrag zur Kenntnis der Erzlagerstätte von Agordo.* Österr. Z. f. B. u. H., 1863, S. 114—119. — A. St. Schmidt. *Geogn.-bergm. Skizze über den Kiesstock zu Agordo.* B. u. H. Z. 1867, S. 240—241.

[2]) Rivista del Servizio Minerario nel 1894, p. 293. (Zit. nach Louis.)

[3]) V. Novarese. *La miniera del Beth e Ghinivert.* Rass. Min. XII. No. 7 bis 9. Roma. 1900.

5. Die Kieslagerstätten im südwestlichen Teile der iberischen Halbinsel[1].

In einer bis zu 50 km breiten und etwa 200 km langen, in ostwestlicher Richtung vom atlantischen Ozean bis zum Bruchrande des Quadalquivir verlaufenden Zone setzen in den portugiesischen Provinzen Estremadura und Alemtejo und in den spanischen Provinzen Huelva und Sevilla eine große Anzahl von Kieslagerstätten auf. Besonders zahlreich finden sich dieselben in der Provinz Huelva am südlichen Abhange der Sierra de Aracena, der westlichen Fortsetzung der Sierra Morena. (Siehe die Übersichtskarte auf S. 144, Fig. 232.)

Abgesehen von tertiären und quartären Schichten, welche im südlichsten Teil dieser Provinz den mehrere Kilometer breiten Küstenstreifen bedecken, setzt sich der Huelvaner Kiesdistrikt, ein im allgemeinen flachwelliges Hügelland, aus älteren Sedimenten und Eruptivgesteinen zusammen.

Unter den Sedimentgesteinen, deren Schichten im Durchschnitt einen Streichwinkel von 105—110° besitzen und die im ganzen und großen steil nach Norden einfallen, unterscheidet Gonzalo

1. als zur „Urformation" gehörige, z. T. Epidot und Cordierit führende Gneise, Glimmerschiefer, Amphibolschiefer, Quarzite und bisweilen Tremolit führende Kalksteine.
2. Tonschiefer, Grauwacken und Kalksteine des Kambrium, Silur und Kulm, die sich im Norden und Süden an das „Urgebirge" anlegen.

Durchdrungen wird dieser Schichtenkomplex von Graniten, Syeniten, Dioriten, Diabasen und den entsprechenden porphyrischen Varietäten,

---

[1]) Diesen ganzen Abschnitt verdanke ich der Güte des Herrn Dr. Ing. A. Pilz, eines der besten Kenner dieses Gebietes. — Literatur: Ferd. Römer. Z. d. D. G. G., 1873 und 1896. — Gonzalo y Tarin. *Descripción física, geológica y minera de la Provincia de Huelva.* I—III. Madrid 1886—88. Hauptwerk. — L. de Launay. *Mémoire sur l'industrie du cuivre dans la région d'Huelva.* Ann. d. mines 1889. Mit Bibliographie. — F. Klockmann. *Über die lagerartige Natur der Kiesvorkommen des südlichen Spaniens und Portugals.* Sitzber. d. k. preuß. Ak. d. W., Berlin 1894. — J. H. L. Vogt. *Das Huelva-Kiesfeld in Südspanien und dem angrenzenden Teile von Portugal.* Z. f. pr. G., 1899, S. 241—254. — F. Klockmann. *Über das Auftreten und die Entstehung der südspan. Kieslagerstätten.* Z. f. pr. G., 1902, S. 113—115. — Derselbe. *Über kontaktmetamorphe Magnetitlagerstätten, ihre Bildung und systematische Stellung.* Z. f. pr. G., 1904, S. 73—86. — C. Schmidt und H. Preiswerk. *Die Erzlagerstätten von Cala, Castillo de las Guardas und Azualcollar in der Sierra Morena.* Z. f. pr. G., 1904, S. 232—238. Lit. — B. Wetzig. *Beiträge zur Kenntnis der Huelvaner Kieslagerstätten.* Z. f. pr. G., 1906, S. 173 bis 186. Fig. 32—44. — H. Preiswerk. *Die Kieslagerstätten von Azualcollar.* Z. f. pr. G., 1906, S. 261—263. — Truchot. *Les pyrites.* Paris 1907. Lit.

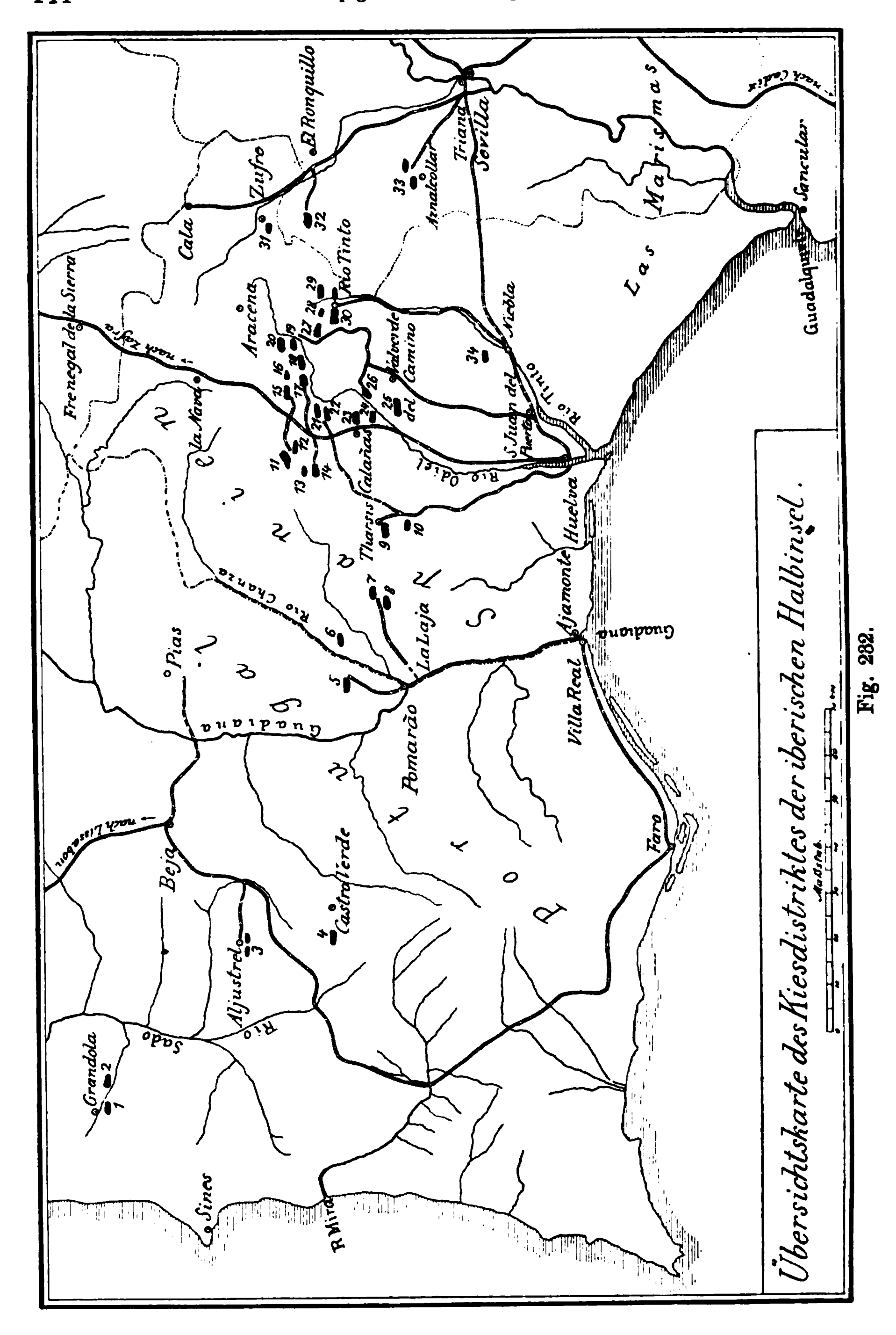

Übersichtskarte des Kiesdistriktes der iberischen Halbinsel.
Maßstab.
Fregenal de la Sierra
nach Zafra
Cala
Zufre
El Ronquillo
Aracena
Rio Tinto
Triana
Sevilla
Aznalcollar
Las Marismas
nach Cadiz
Sanlucar
Guadalquivir
Niebla
Valverde del Camino
Calañas
S. Juan del Puerto
Rio Tinto
Rio Odiel
Huelva
Tharsis
La Nava
Rio Chanza
La Laja
Ajamonte
Guadiana
Villa Real
Pomarão
Pias
Guadiana
Faro
Beja
nach Lissabon
Castro Verde
Aljustrel
Rio Sado
Grandola
Sines
R. Mira
Portugal
Spanien

Fig. 282.

Die wichtigsten Kiesgruben des Revieres Grandola.
Liste der auf der Übersichtskarte angegebenen Gruben.

1 Serra da Caveira
2 Louzal
3 Cova dos Mouros
5 Sto. Domingos
6 Gruben des Barranco Trimpancho
7 Herrerias
8 Cabezas del Pasto
9 Tharsis
10 Lapilla
11 Carpio
12 S. Telmo
13 Romana
14 La Joya
15 Cueva de la Mora
16 Monte Romero und Angelica
17 S. Miguel
18 Esperanza
19 S. Platon
20 Concepcion
21 La Zarza
22 Perunal
23 Tinto y Sta. Rosa
24 Sotiel Coronada
25 Campanario
26 San Pedro und Gloria
27 Poderosa
28 Chaparita
29 Peña de Hierro
30 Gruben von Rio Tinto
31 Vicaria
32 Castillo de las Guardas
33 Caridad und Cuchichon
34 Herrerias
35 Peña flor (liegt in der Nähe der Eisenbahn halbwegs zwischen Sevilla und Cordoba).

und zwar treten die Tiefengesteine in der Hauptsache innerhalb des „Urgebirges“ zu Tage, während Porphyre, Porphyrite und Diabase in Form von Lagergängen den im allgemeinen nur unbedeutend metamorphosierten Tonschiefern eingeschaltet sind. Die letztgenannten Gesteine besitzen häufig druckschiefrige Struktur, zeigen ausgeprägte Differentiationserscheinungen und gehen vielfach allmählich in die Tiefengesteine über. Diese haben eine stärkere Umwandlung des Nebengesteines bewirkt als dies bei jenem der porphyrischen und diabasischen Gesteine der Fall ist. Die Gneise, Urschiefer und Urkalke, welche dasselbe bilden, dürften daher als stark metamorphosierte Glieder des altpaläozoischen Schichtenkomplexes zu betrachten sein.

Die Kieslagerstätten finden sich teils innerhalb der Schiefer (Portugal: Grube Louzal), teils innerhalb des Eruptivgesteines (Prov. Huelva: Grube San Miguel), teils im Kontakte beider Gesteine (Prov. Huelva: Gruben von Rio Tinto), wie Fig. 233 zeigt. Sie besitzen die Form von Linsen, deren Horizontalquerschnitt oft sehr bedeutend ist und z. B. bei der größten bisher bekannt gewordenen Kiesmasse, dem bis 150 m mächtigen Dionisio-Lode von Rio Tinto, 60—70000 qm umfaßt. Bei den mittelgroßen Vorkommen, wie z. B. dem von Peña de Hierro und Cueva de la Mora beträgt er etwa 10000 qm. Das gesamte Kiesareal im Huelvagebiete schätzt Vogt auf eine halbe Million qm, die gesamte

Kiesmasse aber, welche die Natur vor dem Verlust durch Erosion und Bergbau in diesem Gebiet konzentriert hatte, auf mindestens eine Milliarde Tonnen.

Die Kieslinsen sind dem Schichtenkomplex im allgemeinen konkordant eingelagert, streichen also mehr oder weniger in ostwestlicher Richtung und fallen meist nach Norden zu steil ein. Häufig haben Störungen stattgefunden. Klüfte, welche Teile des Erzkörpers in nordsüdliche Richtung verwerfen, sind z. B. auf den Gruben S. Platon und Caridad (Azualcollar) zu beobachten, Überschiebungen auf der Grube S. Miguel, und allgemein wird das Erz von zahlreichen sich kreuzenden Spältchen durchzogen, an denen sich oft schöne Rutschflächen (Harnische) gebildet haben.

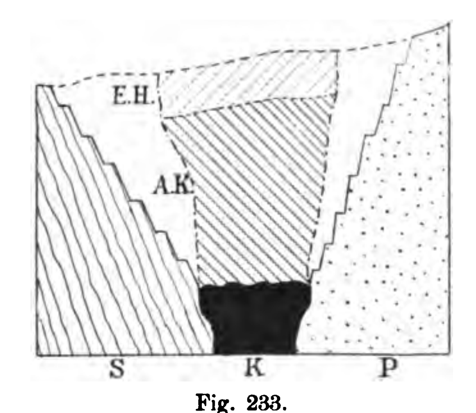


Fig. 233.
Typisches Profil durch einen Tagebau im Huelvafelde mit rekonstruiertem Erzkörper nach Vogt.
S Schiefer, *P* Porphyr, *K* Kies, *A. K.* abgebauter Kies, *E. H.* Eiserner Hut.

In Verbindung mit den kompakten Kiesmassen, sowie getrennt von denselben finden sich häufig Zonen, die mehr oder weniger stark mit Kies imprägniert sind und als Fahlbänder bezeichnet werden können.

Der iberische Kies besteht im allgemeinen aus Schwefelkies mit einer kleinen Beimengung von Kupferkies und einem meist weniger als $^1/_2$ % betragenden Arsengehalte. Durch letzteren zeichnet er sich ungünstig vor dem norwegischen Kiese aus. Vollständig frei von Kupfer und Arsen war der Kies der jetzt auflässigen Grube Confessionario (zwischen S. Telmo und Cueva de la Mora). In geringeren Mengen enthält der iberische Kies auch Antimon und Wismut; der Zink- und Bleigehalt der Erze ist teilweise ein sehr hoher, wie z. B. auf den Gruben Monte Romero und Campanario. Die Gangart wird durch meist fein verteilten, in verhältnismäßig geringen Mengen auftretenden Quarz vertreten, Schwerspat findet sich sehr selten.

Sehr deutlich sind an vielen Kiesmassen Tiefenunterschiede ausgeprägt. Unter einem aus Brauneisen bestehenden, zuweilen bis 50 m hohen Eisernen Hut, der oft einen starken Kieselsäuregehalt aufweist und dessen Nebengestein durch die aus dem Kies hervorgegangene

Schwefelsäure zerfressen und gebleicht ist, beginnt vielfach unvermittelt die Zementationszone, in welcher sich der aus dem Hut fortgeführte Kupfergehalt auf Klüften und Sprüngen in Form von Kupferglanz, Buntkupfererz, Fahlerz, Kupferkies wieder ausgeschieden hat. Dem Netzwerk dieser schmalen, sekundären Kupfererzgänge sind namentlich auch die Römer mit ihren Bauen nachgegangen. Unmittelbar unter dem Hut findet sich auf einer Grube von Rio Tinto, auf dem Nordlager Nr. 2, eine 1—2 dcm starke, erdige Zone mit 15—30 g Gold und $1^1/_4$ kg Silber p. t, eine Konzentration des an sich kaum nennenswerten Edelmetallgehaltes der Kiese durch Auslaugung und Wiederabsatz.

An die Zementationszone schließt sich die primäre Zone an, deren Kupfergehalt im Gegensatz zu ersterer nur wenige Prozent beträgt und nach der Tiefe zu beständig abnimmt. Während z. B. bei der Sto. Domingos-Lagerstätte der Kupfergehalt dicht unter dem Hut etwa 4—5 % und in 60—70 m Teufe schon nur etwa 2 % betrug, sank derselbe in 100 m Teufe auf etwa 1,4—1,5 % und in 130—140 m Teufe auf bloß noch etwa 1 %.

Nach Funden von alten Geräten in den Gruben steht es fest, daß bereits die Phönizier, die im 11. Jahrhundert v. Chr. nach Spanien kamen, auf den iberischen Kieslagerstätten Bergbau trieben. Sehr bedeutende Arbeiten haben die Römer hinterlassen. Im 8. Jahrhundert kamen alle Betriebe zum Erliegen und waren auch nach der Vertreibung der Mauren fast ohne Bedeutung, bis sie in den 1850er Jahren energisch wieder in Angriff genommen wurden. Die bedeutendsten, zurzeit in Betrieb befindlichen Pyritgruben sind auf portugiesischem Gebiet die von Aljustrel, Serra Caveira und Sto. Domingos, von denen die beiden ersteren in der Hauptsache nur Zementkupfer produzieren und dasselbe über Lissabon ausführen, während Sto. Domingos heutzutage fast nur noch als Eisenkiesproduzent in Frage kommt. Der Export der Produktion dieser letzteren Grube, sowie einiger Nachbargruben auf spanischem Gebiete wird den schiffbaren Guadiana hinab über Villareal geleitet. Die bedeutendsten Werke des Huelva-Distriktes, wie Rio Tinto, Tharsis, Peña de Hierro, Perunal, San Miguel, Tinto y Sta. Rosa usw. verschiffen ihre Erze und Hüttenprodukte im Hafen von Huelva, mit dem sie durch vier Eisenbahnen verbunden sind, und nur wenige Gruben des östlichen Teiles der Kieszone, wie die von Azualcollar, Castillo de las Guardas und Peñaflor exportieren ihre Produkte über den Hafen von Sevilla.

Das iberische Kiesrevier hat in den 80er Jahren zwischen $^1/_5$ bis $^1/_4$ der Kupferproduktion der ganzen Welt geliefert, schon 1896 nur $^1/_7$, da es inzwischen von Montana und Michigan überholt worden war, und 1906 beteiligte es sich an der Weltproduktion von 723000 t nur noch mit 50000 t aus den Bergwerksprodukten ausgebrachten oder ausbringbaren Kupfers (vergl. statistische Zusammenstellungen der Metallgesellschaft zu Frankfurt a. M.). Die Kupferproduktion des Revieres weist in den letzten zwei Jahrzehnten nur verhältnismäßig geringe Schwankungen auf, ist seit Anfang dieses Jahrhunderts aber im Abnehmen begriffen.

Eine detaillierte Übersicht der Bergwerks- und Hüttenprodukte im Jahre 1906, soweit sie über den Hafen Huelva exportiert wurden, gibt die nachstehende Tabelle:

Eisenkies mit weniger als 1 % Cu (roher und ausgelaugter Kies)	Eisenkies mit mehr als 2 % Cu	Kupferbarren von Rio Tinto	Cement-kupfer	Kupfersulfat von Rio Tinto
1061022 t	1086596 t	7183 t	23617 t	3185 t

Fig. 234.
Profil durch die Kieslagerstätte der Grube San Miguel. Maßstab 1 : 500.
t dunkler Tonschiefer mit falscher Schieferung, p gelblichgrauer Quarzporphyr, k Kies.

Über die Entstehung der iberischen Kieslagerstätten herrschen bekanntlich verschiedene Anschauungen.

Nach Klockmann sind dieselben „konkretionäre Ausscheidungen innerhalb eines mit den chemischen Elementen des Pyrites geschwängerten, plastischen Tonschieferschlammes“, nach De Launay, Vogt u. A. sind sie im Gegensatz hierzu als epigenetische, gangförmige Bildungen aufzufassen. Beiden Theorien, der Präzipitations- wie der Infiltrationstheorie, ist indessen die Annahme gemeinsam, daß der Erzabsatz als eine Folge der vulkanischen Tätigkeit zu betrachten ist, die sich in früheren Erdperioden hier abgespielt hat.

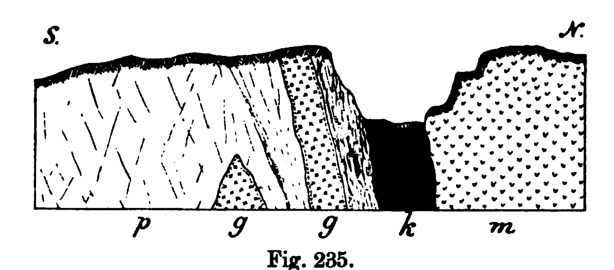


Fig. 235.
Profil durch die Kieslagerstätte von Castillo de las Guardas.
Maßstab 1 : 500.
p Diabasporphyrit, m Mikrogranit, g jüngerer Granit, k Kies.

Wenn auch wir diese Lagerstätten zu den epigenetischen zählen, so wird dies durch eine Anzahl von Beobachtungen gerechtfertigt, auf die im folgenden kurz hingewiesen werden soll.

1. Die Kieslagerstätten setzen teilweise im Eruptivgestein selbst auf.

Im Tagebaue der Grube S. Miguel erscheint die Pyritmasse in wenigen Metern Entfernung von einem dunklen, durch falsche Schieferung besonders ausgezeichneten, normalen Tonschiefer innerhalb eines Quarzporphyres, wie Fig. 234 zeigt.

Hangendes wie Liegendes der Pyritlagerstätte von Cueva de la Mora wird lediglich von stark differenzierten Eruptivgesteinen gebildet, die teilweise und zumal in der Nähe des Erzes eine so ausgezeichnete Schichtung annehmen, daß sie für echte Schiefer angesprochen worden sind.

Im Tagebau der Massa Romana der Lagerstätte von Castillo de las Guardas (Prov. Sevilla) zeigt sich das in Fig. 235 wiedergegebene Bild.

Hier wird also das Hangende des Erzes von einem Mikrogranit gebildet, das Liegende von einem Diabasporphyrit. Letzterer, der ebenso wie der Granit stark gepreßt worden ist, wird von einem jüngeren, grobkristallinen, an den Salbändern dicht erscheinenden Granite durchsetzt. Auch wird die Erzmasse in kurzer Entfernung von der Profilebene von einem jüngeren, Biotit führenden Diabasgange durchzogen.

2. Die Eruptivgesteine, zu denen die Kieslagerstätten in inniger Beziehung stehen, sind an einer ganzen Anzahl von Stellen als intrusive erkannt worden.

Schmidt und Preiswerk (a. a. O.) erwähnen, daß die im allgemeinen lagerförmig im Azualcollargebiete auftretenden Porphyrgesteine die Schichten des sedimentären Nebengesteins teilweise auch überschneiden.

Wetzig (a. a. O.) gibt zu, daß die Porphyre, wie sie z. B. in den Gruben Azualcollar und Joya vorkommen, intrusive Gesteine sind, glaubt dagegen, daß die Diabase vollkommen den Charakter von Deckenergüssen tragen. Für gewisse Stellen ist jedoch der intrusive Charakter der Diabase außer jedem Zweifel. So sieht man einige Meter südlich von der Station Milanos der Huelva-Zafra-Bahn von einem Diabasmassiv in den Tonschiefer hinein Apophysen ausgehen.

Als Beweis für den effusiven Charakter der Eruptivgesteine wird in der Regel das Vorhandensein von Tuffen angeführt. Es sind nun tatsächlich Zonen vorhanden, in denen Schiefersubstanz sich eingelagert in einer schiefrigen eruptiven Masse zeigt. So breitet sich eine solche z. B. nördlich von den Kieslagerstätten der Grube S. Miguel aus. Schieferbrekzien, meist in paralleler Anordnung, mit spitzen Kanten, liegen in einer Porphyrmasse eingebettet und sind vielfach stark silifiziert. Derartige Vorkommen deuten indessen eher auf eine Intrusion des Eruptivgesteines in die Schiefermasse hin, als auf die Bildung von Tuffen.

3. Die Eruptivgesteine sowohl wie die Lagerstätten zeigen einen Mangel an Niveaubeständigkeit.

Die porphyrischen Gesteine und Diabase finden sich zu beiden Seiten des Tiefengesteinsmassives. Bei der Annahme, daß die ersteren Deckenergüsse sind, würde man nicht umhin können, den mit ihnen wechsellagernden Schiefern mehr oder weniger das gleiche Alter zuzuschreiben. Es ist nun aber nachgewiesen worden, daß wenigstens ein Teil der nördlichen Eruptivgesteinszone von silurischen Sedimenten umgeben ist, die Eruption müßte also während des langen Zeitraumes vom Silur bis Kulm stattgefunden haben, was wenig wahrscheinlich ist.

Hinsichtlich der Erzlagerstätten ist es zwar gelungen, früher betonte Zweifel an der Niveaubeständigkeit hinfällig zu machen durch den Nachweis, daß zunächst zum Silur gerechnete Schichten auf Grund nachträglich gemachter Posidonia-Funde

dem Kulm angehören, indessen ist nicht unbeachtet zu lassen, daß auch in dem nördlich von dem gewöhnlich als Kieszone bezeichneten Teile der Provinz Kieslagerstätten sich finden. So ist eine solche z. B. in einigen Kilometern Entfernung von der Station La Nava (Huelva-Zafra-Bahn) im „Urgebirge" bekannt geworden, und Gonzalo erwähnt, daß in dem in der Nähe des gleichen Ortes befindlichen Eisenbahntunnel in einem Augitgesteine eine so große Menge von Pyrit und Magnetit sich findet, daß das Gestein teilweise eine wirkliche Erzschicht darstellt.

Die am weitesten südlich vorgeschobenen, bisher bekannten Kieslagerstätten treten bei Niebla (Grube Herrerias) und bei Valverde (Grube Campanario) auf, sodaß sich eine Breite der kiesführenden Zone von angenähert 50 km ergibt.

So lange nicht erwiesen ist, daß eine derartige Faltung des Gebirges stattgefunden hat, daß sich die so weit zerstreuten Kiesvorkommen auf einige wenige Horizonte zurückführen lassen, dürfte sich die ungezwungenste Erklärung für das massenhafte Auftreten von Pyritlagerstätten innerhalb der genannten Zone nur durch die Annahme einer epigenetischen Entstehungsweise ergeben.

4. Eine ganze Anzahl von Quergängen, welche im Kiesreviere aufsetzen, und deren Entstehung ebenfalls auf die eruptive Tätigkeit in diesem Distrikte zurückzuführen ist, haben teilweise analoge Erzführung wie die konkordant im Nebengesteine eingelagerten Kiesmassen.

Schwach kupferhaltige Pyritgänge mit etwas Quarz setzen z. B. in der Nähe von Castillo de las Guardas auf (Grube Vicaria), ferner in kurzer Entfernung von der Eisenbahn Azualfarache-Cala bei Ronquillo und bei Cataveral und Zufre. Dann sollen erwähnt werden die Kupfer-Bleierzgänge der Sierra Rite und Sierra Tejera, die Blei-Zinkerzgänge von La Laja, La Nava, Galarozo, Fuente Herido, und Rio Corumbel und schließlich die Antimonglanzgänge aus der Gegend von El Cerro. Die Übergänge aus den Pyritmassen zu den letztgenannten Vorkommen dürften zu finden sein in den durch einen hohen Zink- und Bleigehalt ausgezeichneten Kieslagerstätten der Gruben Monte Romero, Campanario und des Barranco Trimpancho.

5. Mesozoische und känozoische Kieslagerstätten.

Im südlichen Frankreich westlich der Rhône im Département Gard im NO. von Alais ist bei Saint Julien-de-Valgalgues ein Pyritlager von 1—12 m Mächtigkeit abgebaut worden, das an der Grenze zwischen Lias und Doggerkalken eingeschaltet erscheint. Das Vorkommen zahlreicher vererzter Petrefakten innerhalb des Lagers wird mit Recht als Fingerzeig für die einstige Herbeiführung des Erzes durch Mineralquellen betrachtet. Neben Kalkspat ist auch etwas Schwerspat als Lagerart beigemischt.

Noch jünger sind die allerdings nur unbedeutenden Eisenkiesmassen, die man in der oberen Kreideformation der Insel Wollin antrifft. Die unteren mehr tonigen und nicht Feuersteine führenden Schichten des

Scaphitenhorizontes enthalten dort nach Unger[1]) so zahlreiche Nester, Nieren und Platten von Pyrit, daß 1859 bei Jordansee ein Kiesbergbau versucht wurde. Auch wurden die vom Meere ausgewaschenen Konkretionen gewonnen.

Auch auf die zuweilen zu ganzen Lagen angehäuften Pyritkonkretionen innerhalb der Braunkohlenflötze der Tertiärformation möge hier hingewiesen werden.

β) Eigentliche Kupfererzlager in nicht metamorphen Sedimenten.

1. Die Kupferlagerstätten von Katanga.

Durch H. Büttgenbach[2]) und J. R. Farrell[3]) sind zum ersten Male die großartigen Lagerstätten auf dem über 1300 m hohen Plateau der Landschaft Katanga im südöstlichen Teile des Kongostaates beschrieben worden. Sie dehnen sich bogenförmig von NW. nach SO. über 300 km Entfernung hin aus und umfassen bereits über 100 bergmännische Angriffspunkte, nachdem schon früher die Eingeborenen an zahllosen Stellen das Kupfer erschmolzen, das sie zu Waffen, Schmuckgegenständen und Draht als beliebten Handelsartikel verarbeiteten. Diese Kupferzone ist waldlos inmitten der sonst urwaldbedeckten Gebiete.

Die kupferführenden Schichten sind eine aus Sandsteinen, Schiefern, Konglomeraten und Kalken bestehende Gesteinsgruppe von wahrscheinlich karbonischem oder oberdevonischem Alter, zwischengeschaltet dem „System von Kazembe“. Die erzführenden Schichten sind violette Schiefer und Sandsteine. Die Erze bestehen in der Hauptsache aus Malachit und Chrysokoll. Nur wenig Azurit und Malakonit sowie sehr selten auch Kupferkies und Kuprit kommen vor. In den Seifen von Kambove hat man auch Körnchen von gediegen Kupfer beobachtet. Die größten Gruben liegen im SO., in 60 km Entfernung von Rhodesien, so z. B. die Grube Star of the Congo. Im Zentrum befindet sich Kambove am Livingstone Creek, ganz im NW., wo die Benguella Bahn eingeführt werden wird, hat man Kolwezi zu suchen. An allen diesen Hauptpunkten halten die Erze 12—15 % Kupfer neben 3 g Au und

---

[1]) Unger. *Der Schwefelkiesbergbau auf der Insel Wollin.* Z. d. D. G. G. XII, 1860, S. 548—566.

[2]) H. Buttgenbach. *Les gisements de cuivre du Katanga.* A. S. géol. de Belg. XXXI. M 515—564, pl. XI, 1904.

[3]) J. R. Farrell. *The Copper and Tin deposits of Katanga.* The Eng. and Min. Journ. Vol. LXXXV, No. 15, 11. Apr. 1908.

72 g Ag p. t. Andere Teile, wie die Gebiete zwischen dem Lualaba und dem Dikuluwe halten bei einem hohen Kieselsäuregehalt (50—60 %) nur 6—8 % Cu. Auch geringe Mengen von Mn, Ni und Co sind zugegen. Im Juni 1905 wurde der damals nachgewiesene Vorrat von Kupfer in Katanga auf 2000000 t geschätzt. Die Kupfererze sind als sekundäre Imprägnation vermutlich von Gängen aus aufzufassen.

2. Die Kupferschiefer der Zechsteinformation[1]).

Der Kupferschiefer an der Basis der deutschen Zechsteinformation stellt eines der geologisch interessantesten und ökonomisch wichtigsten Gebilde dar. Zunächst fällt an ihm die selbst für eine schichtige Erzlagerstätte sehr große Verbreitung ins Auge. Die Ausstriche des Kupferschiefers ziehen sich um den ganzen südlichen Harz herum und umsäumen den größten Teil des Thüringer Waldes. Ähnliche Gebilde, wenn auch nicht genau im gleichen geologischen Horizont, erscheinen bei Riechelsdorf zwischen der unteren Werra und Fulda. Andere tauchen jenseits des jungvulkanischen Gebietes der Kasseler Gegend bei Frankenberg und Stadtberge an der Grenze des Rheinischen Schiefergebirges auf und umgeben endlich viel weiter südlich bei Bieber den nördlichen Spessart. Alle diese Kupfererzlagerstätten zeigen allerdings keine ganz gleiche Ausbildung und führen durchaus nicht überall einen schmelzwürdigen Metallgehalt. Als die typische, dem Bergmann willkommenste Entwicklung gilt die im Mansfelder Becken am Südostrand des Harzes, dem altberühmten Hauptrevier des Deutschen Kupferbergbaus.

---

[1]) J. C. Freiesleben. *Geogn. Beitrag zur Kenntnis des Kupferschiefergebirges usw.* Geognost. Arbeiten. I.—IV. Band. Freiberg 1807—1815. — A. F. v. Veltheim. *Über das Vorkommen der metallischen Fossilien in der alten Kalkformation im Mansfeldischen und im Saalkreis.* In Karstens Archiv, Bd. XV, 1827, S. 98ff. — B. v. Cotta. *Erzlagerstätten.* II, 1861, S. 106—111. — Schrader. *Der Mansfelder Kupferschieferbergbau.* Z. f. d. B. H. u. S. im preuß. St., Bd. 17, 1869, S. 251. — Dasselbe, in verbesserter Auflage 1881 von der Mansfelder Gewerkschaft herausgegeben. Mit 5 Tafeln. — F. Beyschlag. *Geol. Karte der Mansfelder Mulde.* 1893. — O. Speyer. *Zechstein des westl. Harzrandes.* Jahrb. d. k. preuß. geol. Landesanst., 1880, S. 80. — J. H. Kloos. *Zechstein am nordwestl. Harzrand.* Ebendort 1891, S. 126. — Th. Liebe. *Zechstein von Gera.* Z. d. D. G. G. 1855, S. 406. — H. Bücking. *Zechstein von Schmalkalden.* Jahrb. d. k. preuß. geol. Landesanst., 1882, S. 29. — H. Pröscholdt. *Zechstein an der Südostr. des Thür. Waldes.* Ebendort 1886, S. 165. — H. Loretz. *Zechstein am westl. Thür. Wald.* Ebendort 1889, S. 221. — *Die Geschichte des Mansfeldschen Kupferschieferbergbaues und Hüttenbetriebes.* Festschrift. Eisleben 1900.

Im Mansfeldischen ruht die Zechsteinformation auf dem wesentlich aus roten Sandsteinen und Konglomeraten aufgebauten Rotliegenden, dessen alleroberste, 1—1,5 m mächtige Lage gebleicht ist und darum Weißliegendes heißt. Der Zechstein wird von dem Buntsandstein überlagert. Die Formation gliedert sich wie folgt:

Oberer Zechstein	8. Rötliche oder bläuliche Letten mit Dolomit, Gips, Steinsalz und Kalisalzen.	
Mittlerer Zechstein	7. Stinkkalk oder Dolomit.	
	6. Rauchwacke und Asche (d. s. Dolomite).	
	5. Gips.	
Unterer Zechstein	4. Eigentlicher Zechsteinkalk	5—30 m
	3. Die Fäule, ein brüchiger Mergelkalk	0,75—1 „
	2. Der Dachklotz, ein an der Luft in polygonale Stücke zerfallender Mergelkalk	0,25 „
	1. Das Kupferschieferflötz	0,5—0,6 „

Der Kupferschiefer ist ein bituminöser, schwärzlicher Mergelschiefer mit einem in seiner Menge sehr wechselnden Metallgehalt. Er besitzt eine feinschieferige Textur und ist so hart, daß er zum Teil beim Hämmern klingt. Bekannt ist sein Reichtum an Versteinerungen. Besonders häufig sind mehr oder weniger vererzte Abdrücke von heterocerken Ganoidfischen, besonders von Palaeoniscus Freieslebeni Ag., seltener von Platysomus striatus Ag. und Acrolepis asper Ag. Er führt außerdem als Beweis seiner marinen, nicht lakustren Bildung zuweilen Lingula Credneri Gein., einen Brachiopoden, sowie vereinzelte Exemplare von Turbonilla Gibbsoni und Dentalium Speyeri. An das nahe Festland erinnern eingeschwemmte Zweiglein, Früchte und Blätter zweier Koniferen, von Ullmannia Bronni Göpp. und häufiger noch von Voltzia Liebeana Gein. Kürzlich erhielten wir auch Bruchstücke eines verkiesten Koniferenholzes aus dem Eislebener Kupferschiefer. Endlich sind seltene Reste von Farnen, Sphenopteris und Odontopteris daraus bekannt.

Zur Beurteilung der chemischen Zusammensetzung des Kupferschiefers dienen folgende Grenzwerte von vier Scheererschen Analysen verschiedener Proben des ungebrannten Materiales[1]):

Kieselsäure	29,22—38,42
Tonerde	11,28—15,93
Kalkerde	10,93—14,39
Magnesia	2,25— 4,53
Kohlensäure	7,02—13,51
Eisen	0,85— 3,31
Kupfer	2,01— 2,93

[1]) Im zitierten Werke der Gewerkschaft S. 105.

Silber	0,015—0,021
Schwefel	2,15— 4,97
Bitumen als Glühverlust	9,89—17,21

Zink, Blei, Mangan, Nickel, Kobalt, nicht bestimmt.

Bei der Untersuchung von Querschliffen unter dem Mikroskop zeigt das Gestein eine höchst fein lagenförmige oder flaserige Struktur. Helle Flasern mit zahlreichen, deutlich klastischen Quarzkörnern und mit teilweise quergestellten Muskovitblättchen treten zwischen dunkelbraun durchscheinenden, zarten, bitumenreichen Lagen hervor. Die Anordnung der winzigen Erzpartikel folgt vorzüglich dieser Parallelstruktur.

Schon nach dem äußeren Aussehen läßt sich das Kupferschieferflötz in mehrere schmale Lagen gliedern, die von dem Bergmann seit alters her bestimmte Namen erhalten haben. Folgende Tabelle gibt diese für die verschiedenen Einzelreviere etwas abweichende Nomenklatur:

	Hettstedt-Gerbstedt	Eisleben	Sangerhausen	
9	Oberberge	Dachberge	Noberge	
8	Noberge	Noberge	—	
7	Lochberge	Kopf { Ober- / Unter- }	Unterwand	
6	Kammschale	Kammschale	Schieferkopf	etwa 10 cm
5	Kopfschale	Grobe Lette	—	
4	Schieferkopf { Ober- / Unter- }		Blattschiefer	
3	Lochschale	Feine (Loch-) Lette	Schramschiefer	5—6 cm
2	Lochen	fehlt	—	
1	Liegende Schale		Erzschiefer	

Das Gestein in der unteren Abteilung ist tonig und mild. In der mittleren gröberen fallen die Kopf- und Kammschale, besonders die letztere, wegen ihrer Gipsschnürchen auf dem Querbruche auf. Die Lagen der oberen Abteilung endlich werden nach oben hin immer gröber und grauer, immer weniger leicht und regelmäßig spaltbar.

Eine merkwürdige Erscheinung im Eislebener Schieferflötz sind von den dortigen Bergleuten Racheln genannte Hohlräume[1]), die zum Teil mit Gips, wässerigen Salzlösungen (Laugen) oder Gasen angefüllt sind und mehrfach in der Nähe von Rücken, aber auch abseits und zwar anscheinend ohne Verbindung mit den oberen Schichten angetroffen worden sind. Die eingeschlossenen Gase, teils brennende Gase, teils Stickwetter, entweichen gewöhnlich schon vor dem Anhauen mit der Keilhaue durch Klüftchen und Risse, welche durch den beim Verhieb auftretenden Druck im Hangenden entstehen und bis nahe auf das Liegende des Flötzes niedersetzen. Dann aber, wenn der Gebirgsdruck an einer Rückenbahn abreißt, kommt es vor, daß die

[1]) Das im folgenden über die Racheln Mitgeteilte verdanke ich einer durch die Güte des Herrn Bergrat Dr. Vogelsang veranlaßten freundlichen Auskunft des Herrn Bergwerksdirektor M. Geipel.

Gase beim Anhauen explosionsartig frei werden. Im Felde der Hohenthalschächte hatte eine solche Explosion sogar den Tod eines Häuers zur Folge. Auch zähflüssige Bitumenverbindungen, die teilweise zu elastischen Krusten eintrockneten, kennt man aus solchen Hohlräumen. Solche zähflüssige Bitumina werden übrigens gelegentlich auch in der Fäule und auf den Rücken, wo diese das Schieferflötz durchsetzen, beobachtet. Zuweilen treten sie sogar in größeren Ansammlungen auf. So lieferte eine offene Kluft auf dem Hermannschachte vor einigen Jahren viele Zentner eines stark verunreinigten Erdöles, das mit zur Kesselfeuerung verwandt wurde.

Die in den Racheln eingeschlossenen Laugen zeichnen sich meist durch einen recht hohen Gehalt an Chlorkalium und Chlornatrium aus, der wohl höheren geologischen Niveaus entstammt.

„Der Erzgehalt des Schieferflötzes erscheint in der Regel als sog. Speise, d. h. in sehr feinen Stäubchen eingesprengt, die auf dem Querbruch im Sonnenlichte einen metallischen Schimmer verursachen. Derselbe hat entweder eine goldgelbe Farbe und deutet dann auf vorherrschenden Kupferkies, oder eine violblaue und kupferrote (bunte) Farbe und deutet dann auf vorherrschendes Buntkupfererz, er wird auch, jedoch seltener, dunkel stahlgrau (von Kupferglanz), auch mitunter graugelb (von vorherrschendem Eisenkies), endlich zuweilen bleigrau (von Bleiglanz).“ (Aus dem Werk der Gewerkschaft.) Neben den genannten geschwefelten Erzen enthält die Speise auch Silberglanz, Zinkblende, Rotnickelkies, Speiskobalt, alle in sehr geringen Mengen und in winzig kleinen Stäubchen. Chemisch ist auch ein minimaler Mangan-, Molybdän- und Selengehalt nachgewiesen worden. Neben der Speise finden sich im Kupferschiefer außerdem noch feine, meist der Schichtung parallele Schnürchen von Buntkupfererz und Kupferglanz, auf Schichtungsflächen und Querklüfen ferner Anflüge von Kupferglanz, Buntkupfererz, Kupferkies und gediegen Silber, endlich einzelne Erzflecken, Körner und Nieren, Erzhiecken genannt. Als Seltenheit hat man das Schuppenkleid von Palaeoniscus mit gediegen Silber plattiert gefunden, während für gewöhnlich nur Kupferkies und Eisenkies einen Belag auf den Fischabdrücken bilden. Übrigens bestimmen nicht diese dem Auge deutlich sichtbaren Erzkonzentrationen die Schmelzwürdigkeit des Schiefers, sondern der Gehalt der Speise.

Zwar ist das ganze Schieferflötz kupferhaltig, schmelzwürdiges Erz liefern aber für gewöhnlich nur die unteren Lagen bis zur Kammschale mit oder ohne die letztere. Mit der Abnahme des Bitumens von dieser Lage ab tritt auch der Erzgehalt zurück. Nur selten ist auch der Kopf mit gewinnbar, sodaß sich die nutzbare Mächtigkeit im ganzen nur auf 8—12, selten 8—17 cm beläuft. Den höchsten Kupfer- und Silbergehalt im Mansfelder Revier weist nach G. Köhler die grobe Lette auf.

Im Sangerhäuser Revier ist auch die oberste 1—2, mitunter bis 3 cm starke Lage des Weißliegenden (des gebleichten Rotliegenden) so kupferreich, daß sie als **Sanderz** gewonnen wird und bis 5 %, ja bis 10 % Kupfer halten kann. Auch schiebt sich weiter westlich, schon zwischen Sangerhausen und Steine, zwischen dem Rotliegenden und dem Kupferschiefer eine schmale, bereits zum Zechstein gehörige, kupferhaltige und zuweilen ebenfalls schmelzwürdige, kalkige Konglomeratschicht ein, das sog. Zechsteinkonglomerat, ebenfalls dort Weißliegendes genannt.

Genetisch bedeutungsvoll ist die von E. **Naumann**[1]) mitgeteilte Tatsache, daß das Weißliegende von Badra am Kyffhäuser Gerölle führt, die sich teilweise als metasomatisch durch Erz verdrängt erweisen. „Manchmal ist nur eine feine Kieshülle vorhanden, in anderen Fällen bleibt nur ein kleiner Gesteinsrest im Innern des Körpers".

Wie schon gesagt, ist der Erz- und Metallgehalt des Kupferschieferflötzes durchaus nicht in dessen ganzem Verbreitungsgebiet gleichmäßig entwickelt. Wenn auch im Mansfeldischen im ganzen und großen ein Gehalt von 2—3 % Kupfer mit 1/2 Pfund Silber im Zentner Kupfer (d. i. 5 kg Ag p. t Cu) seit Alters her als Durchschnittsgehalt gilt, so gibt es doch viele Ausnahmen. So halten z. B. die Schiefer auf dem ganzen nördlichen Flötzzug, sowie um die Spitze des Hornburger Rückens herum, kaum 1,5 % Kupfer. Abseits vom Mansfelder Revier geht aber der Gehalt noch viel weiter, bis fast zur völligen Taubheit, zurück. Andererseits kennt man schon seit lange die Erscheinung, daß der Kupfergehalt in der Nähe der durchsetzenden Verwerfungsklüfte, **Rücken** genannt, und in der Nachbarschaft stark gefalteter Zonen beträchtlich ansteigt, ja, daß diese Anreicherung sogar bis auf die oberen, in solchen Fällen ebenfalls schmelzwürdigen Flötzlagen bis auf die Dachlage und die Fäule hinauf, sich erstreckt. Nur in dem Hettstedter Revier sollen die Rücken im Gegenteil einen ungünstigen Einfluß auf den Metallgehalt des Flötzes ausüben. Die Rücken selbst sind entweder metallfrei oder enthalten reiche Erze, namentlich Kupfer- und Nickelerze (siehe auch I. S. 507). Die Erzanreicherung im Kupferschieferflötz an den Rücken ist durch G. **Köhler**[2]), der die Tatsache übrigens im Sinne einer Lateralsekretion verwertet, von neuem bestätigt worden.

Das Profil Fig. 236 soll ein Bild von den Dislokationen geben, wie sie sehr häufig im Mansfelder Kupferschiefer anzutreffen sind und

[1]) Zeitschr. d. D. G. Ges. 54. Bd., 3. H., 1902, S. 122.

[2]) G. **Köhler**. *Die „Rücken" in Mansfeld und in Thüringen usw.* Leipzig 1905, S. 18ff. Mit 13 Tafeln.

bei seiner Charakteristik durchaus nicht vergessen werden dürfen. Diese Dislokationen bestehen in schräg zum Flötzstreichen gerichteten Verwerfungsklüften, „Sprüngen“ oder „Rücken“ genannt, in vielen dem Hauptstreichen parallelen Falten und Überkippungen und in sattelartigen Erhebungen oder „Bergen“. Sehr oft sind zwischen Parallelsprüngen grabenförmige Absenkungen eingetreten, wie bei Eisleben der große Aa er Flötzgraben.

Der Mansfelder Kupferschieferbergbau soll zuerst im Jahre 1199 oder 1200 bei dem späteren Hettstedt begonnen worden sein. Wahrscheinlich erst 1364 wurden die Grafen von Mansfeld mit dem Bergbau beliehen. Bereits im 15. Jahrhundert geben die älteren Nachrichten die jährliche Produktion zu 20000 Zentner Kupfer und darüber an. Schon seit der Sequestration der Grafschaft ums Jahr 1570 und noch mehr während des Dreißigjährigen Krieges kam der Bergbau in Verfall, was seine

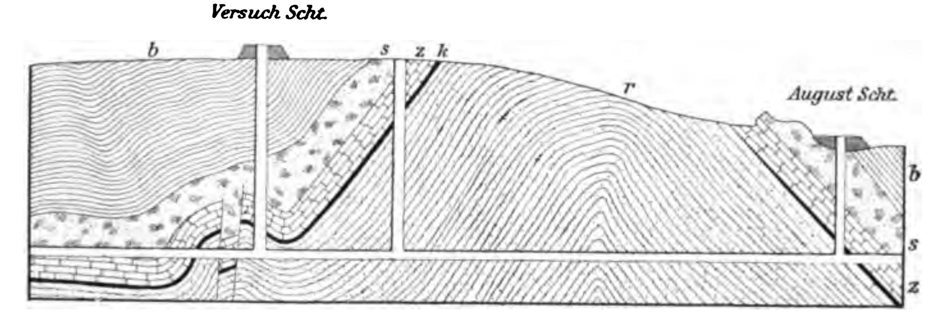


Fig. 236. *Profil des Luftsattels im Tiefthaler Revier im Mansfeldischen* nach Schrader.

b Buntsandstein, s Stinkstein und Asche, z Zechsteinkalk, k Kupferschieferflötz, r Rotliegendes.

spätere Freigabe (1671) veranlaßte. Hierauf nahmen (seit 1674) Gewerkschaften den Betrieb wieder auf. Diese konsolidierten sich 1852 zur Mansfeldschen Kupferschiefer bauenden Gewerkschaft, die noch in Blüte steht. Am 12. Juni 1900 wurde im Beisein des Kaisers die siebenhundertjährige Jubelfeier des Mansfelder Bergbaus festlich begangen.

Die seit Jahrzehnten in stetem Ansteigen befindliche Produktion an Kupfer betrug im Jahre 1898 18334 t, von 1779—1897 380000 t. Während der gesamten Zeit seines Bestehens hat der Mansfelder Kupferschieferbergbau nach zuverlässigen Schätzungen gegen $^1/_2$ Million t Kupfer geliefert. Im Jahre 1905 wurden 696709 t Erz gefördert. Der Durchschnittsgehalt betrug 2,867 % Kupfer und 161 g Silber p. t. Außerdem förderten noch die Stolberger Gruben bei Rottleberode 4571 t Erz.

Über die Ausbildung des Kupferschieferhorizontes und der durchsetzenden Gänge bei Saalfeld wolle man das I. S. 332 Gesagte nachlesen. Hier, wie übrigens auch für den Kupferschiefer am Rande des Thüringer Waldes bei Ilmenau, Eisenach und Schmalkalden gilt

überall das gesetzmäßige Zusammenvorkommen von erzhaltigem Kupferschiefer und erzführenden Klüften.

Unter den genannten Orten verweilen wir etwas ausführlicher bei Ilmenau[1]).

Hier ruht der Kupferschiefer auf dem bis 1,5 m mächtigen, wesentlich aus Porphyrgeröllen aufgebauten Zechsteinkonglomerat, dessen oberste, sandige und schon bitumenreiche Lagen dort mit ansehnlichen Mengen von silberhaltigem Kupferglanz und Kupferkies, wie auch von Bleiglanz durchtränkt sind. Diese „Sanderze" waren der Hauptgegenstand des wenig lohnenden Ilmenauer Bergbaues gewesen. Sie enthielten Lingula Credneri Gein. Der eigentliche, etwa 0,5 m mächtige Kupferschiefer ruhte mit spiegelglatter Fläche auf dem Sanderz auf. Im Gegensatz zu seiner Ausbildung bei Mansfeld und Eisenach war er reich an plattgedrückten Konkretionen von bituminösem Kalkstein, den sog. „Schiefernieren" oder „Schwülen". Diese enthielten auf Spaltflächen parallel der allgemeinen Schichtung zahlreiche organische Reste und zwar besonders Fische, sowie Zweige, Nadeln und Zapfen von Nadelhölzern. (Palaeoniscus magnus Ag., P. macropomus Ag., Platysomus rhombus Ag., Pl. gibbosus Ag. u. a.; Ullmannia selaginoides Brongn., Voltzia Liebeana Gein., Sphenopteris bipinnata Münst. u. a.) Im Kupferschiefer selbst fanden sich Lingula Credneri Gein. und Discina Konincki Gein.

Die Schichten des Zechsteines sind bei Ilmenau am älteren Kerngebirge des Thüringerwaldes mittels zweier Flexuren herabgebogen. Der Kupferschiefer besitzt in diesen ein sehr steiles, übrigens häufig wechselndes Einfallen. Im Gebiete zwischen den beiden Dislokationen herrscht dagegen schwebende Lagerung. Es ist nun sehr bemerkenswert, daß nur innerhalb der steilstehenden Schenkel dieser Flexuren, innerhalb der „Kniee", der Kupferschiefer sich als bauwürdig erwiesen hat. Der mindestens bis zum Jahre 1216 zurückreichende Bergbau glaubte es wegen der Steilheit des Flötzes früher mit Gängen zu tun zu haben, ein Irrtum, den erst J. C. W. Voigt widerlegte. Eine Wiederbelebung des Betriebes 1784—1798 unter Goethe war erfolglos.

Wie wenig der Kupferschiefer an sich, als reines Sediment betrachtet, für die Kupferführung zu bedeuten hat, geht aus der ganz anderen Entwickung des Kupfer führenden Perm bei Frankenberg

[1]) J. C. W. Voigt. *Prakt. Gebirgskunde.* 1. Ausg. 1781. — Derselbe: *Geschichte des Ilmenauischen Bergbaues nebst einer geognost. Darst. der dasigen Gegend usw.* 1821. — H. Loretz, R. Scheibe und E. Zimmermann. *Erläut. zu Blatt Ilmenau der geol. Karte von Preußen.* 1908. Mit ausführl. Angaben und mit Lit.

in Kurhessen hervor. Während noch bei Riechelsdorf die Verhältnisse ähnlich wie am Thüringer Wald entwickelt sind, ist die Kupferführung bei Frankenberg an ganz andere Schichten gebunden.

Das Frankenberger Kupfer führende Perm[1]) wird nach A. Denckmann in folgender Weise gegliedert:

4. Die jüngeren Konglomerate.
3. Die permischen Sandsteine mit den Geismarer Kupferletten.
2. Das Flötz des Stäteberges.
1. Die älteren Konglomerate.

Die älteren Konglomerate bestehen aus rotbraunen, z. T. sehr eisenschüssigen, feldspatreichen Sandsteinen mit kalkigem oder kalkigdolomitischem Bindemittel, in denen Lagen von gröberen Geröllen mehr oder minder vorherrschen. Weder von diesen Konglomeraten noch von den hangenden permischen Sandsteinen kann das Flötz des Stäteberges streng getrennt werden; vielmehr muß es als eine lokale, sehr kalkreiche Bildung an der Basis letztgenannter Schichten aufgefaßt werden.

Seiner petrographischen Natur nach ist es aus Kalken, lichten Mergeln, Tonen und Kalksandsteinen zusammengesetzt, denen nicht selten Konglomerate zwischengeschaltet sind. Charakteristisch sind Reste von Pflanzen, Gastropoden und Lamellibranchiaten, besonders Schizodus, Aucella, Gervillia, Pleurophorus usw. In Verbindung mit diesen organischen Resten sind Imprägnationen mit Kupfererzen und Bleiglanz zu beobachten.

Das Hangende, die permischen Sandsteine, erreichen eine Gesamtmächtigkeit von mindestens 70 m. Sie bestehen aus rotbraunen, z. T. entfärbten feldspatreichen Sandsteinen, die verschiedene Lagen weißer Kalkkonkretionen, kalkiger Sandsteine und sandiger Letten enthalten. Letztere sind häufig außerordentlich reich an Resten von Ullmannia Bronni Göpp., von einigen Araucarien und Farnen, speziell der Gattungen Alethopteris und Pecopteris, und führen ebenfalls in Verbindung mit diesen einen ganz ansehnlichen Gehalt an Kupfererzen. Eine dieser Zonen ist auch das „Kupferlettenflötz“, das eine Mächtigkeit von 30—35, selten bis 44 cm besitzt. Meist sind die Pflanzenreste vollständig vererzt und zwar am häufigsten durch Kupfer-

---

[1]) G. Würtenberger. *Über die Zechsteinformation, deren Erzführung und den unteren Buntsandstein bei Frankenberg in Kurhessen.* N. Jahrb. f. Min., 1867, H. 1, S. 10—38. — A. Leimbach. *Die permische Formation bei Frankenberg.* Marburger Dissert. 1869. — E. Holzapfel. *Die Zechsteinformation am Ostrande des Rheinisch-Westf. Schiefergeb.* Ebendort 1879. — A. Denckmann. *Die Frankenberger Permbildungen.* Jahrb. d. k. preuß. geol. Landesanst., 1891, S. 234ff.

glanz, außerdem treten auf gediegen Silber, Schwefelkies, Kupferkies, seltener auch Fahlerz, Buntkupferkies und Rotgiltigerz. Die vererzten Reste von Ullmannia wurden vom Frankenberger Bergmanne allgemein „Graupen“ genannt und gingen nach ihren Formen unter den Bezeichnungen „Stangengraupen“, „Kornähren“, „Fliegenfittige“ und „Sterngraupen“ in die Sammlungen über.

Der Erzgehalt ist sehr ungleichmäßig, meist nesterweise verteilt, er betrug nach einem Durchschnittswerte mehrerer Jahre 0,572 % Cu und 0,0013 % Ag.

Die jüngeren Konglomerate endlich werden von durchweg stark abgerolltem Material gebildet und zeichnen sich durch einen großen Gehalt ihres Bindemittels an Karbonaten aus.

Der ganze Komplex der genannten Sedimente liegt mehr oder minder horizontal auf den Köpfen steil aufgerichteter Schichten des Devon und Kulm. Untereinander besitzen sie vielfach übergreifende Lagerung, auch sind sie mehrfach durch tektonische Störungen beeinflußt, die hier für die Kupferführung der Sedimente eine ähnliche Bedeutung haben, wie die Rücken im Mansfeldischen.

Wiederum abweichend ist das Kupfer führende Perm am Nordostrande des Spessarts bei Bieber beschaffen[1]).

Hier wurde ein übrigens sehr kupferarmer, 30 cm bis 1,5 m mächtiger, dünngeschichteter bituminöser Mergelschiefer abgebaut, der so weich war, daß er mit der Lettenhaue gewonnen werden konnte. Die Erze, und zwar Fahlerz, Kupferkies, Bleiglanz und Eisenkies, in der Nähe kobaltführender Gänge auch Kobalterze, erschienen auf zahlreichen kleinen Klüftchen, die dieses Gestein nach allen Richtungen, besonders aber vertikal durchzogen. Indessen ist der Erzgehalt dort vielfach nicht auf den permischen Mergelschiefer beschränkt, findet sich vielmehr auch in dem unterlagernden Glimmerschiefer, wo diesen Erzgänge durchsetzen.

In ganz ähnlicher Weise ist auch am Rande des rheinischen Schiefergebirges, bei Stadtberge in Westfalen, die Kupferführung in der Nähe der durchsetzenden Gangspalten nicht nur im Kupferschieferflötz allein zu finden, sondern steigt hinauf in alle oberen Schichten des dort im ganzen 10—12 m mächtigen Zechsteines[2]) und hinab in die das Liegende bildenden paläozoischen Grauwacken und Kiesel-

[1]) Schmidt. *Mineralogische Beschreibung des Biebergrundes.* Neues Jahrb. f. M., 1808, p. 45. — H. Bücking. *Der nordwestliche Spessart.* Berlin 1892, S. 133.

[2]) E. Holzapfel. *Zechstein am O.-Rande des Rhein.-Westf. Schiefergebirges.* Görlitz 1879. — *Beschreib. der Bergrev. Arnsberg, Brilon und Olpe usw.* Herausgeg. vom kgl. Oberbergamte zu Bonn 1890, S. 118—120.

schiefer. Auf der Grube Oskar wird der in der Nachbarschaft von durchsetzenden Spalten stark mit Kupfererzen imprägnierte Kieselschiefer des Kulms abgebaut, ein deutlicher Hinweis darauf, daß der Bitumengehalt der Schichten ganz ohne Rücksicht auf deren geologisches Niveau die Kupferkonzentration veranlaßt hat.

Die Gruben Oskar und Minna in diesem Gebiet förderten 1905 an 43086 t Erz (761 t Kupfer).

Kurz erwähnt sei auch ein Vorkommnis in ganz entgegengesetzter Richtung in der Gegend von Hasel und Conradswaldau in Niederschlesien, wo dem dolomitischen Zechsteinkalk fünf Kupferschieferflötze in kurzen Abständen übereinander, aber mit nur geringem Kupfergehalt (1,5 % im Durchschnitt, zwischengeschaltet sind[1]).

Die Entstehung des Kupferschiefers und ähnlicher Gebilde.

Der Kupferschiefer galt seit langer Zeit als ein typisches Beispiel für den chemischen Niederschlag von Erzen aus metallischen Lösungen gleichzeitig mit mechanischer Sedimentbildung in einem größeren, abgeschlossenen Meeresbecken und unter dem Einfluß reduzierender organischer Substanzen. Jene Lösungen dachte man sich als Vitriole und zwar von Alkalisulfaten, wie sie jedes Meerwasser enthält, begleitet. Letztere wurden durch die verwesenden organischen Reste zunächst zerlegt unter Bildung von Schwefelwasserstoff, und dieser wiederum fällte die Metalle aus den vitriolischen Lösungen als Sulfide aus. Noch bis in die neueste Zeit[2]) hielt man dabei an der alten, zuerst von J. C. Freiesleben verbreiteten Vorstellung fest, daß die Bewohner jenes Meeres, die Paläonisken und Platysomen, durch die den Gewässern zugeführten Solutionen vergiftet worden seien. Die nicht selten konvulsiv zusammengekrümmten Leiber, deren Umrisse uns in den Abdrücken ja deutlich erhalten seien, ließen diese Todesart erkennen. Die so angehäuften Leichname seien zugleich neben dem feinverteilten Bitumen die Hauptreduktionsfaktoren geworden.

Von dieser Hypothese dürfte mit Recht der Teil, daß der Niederschlag der Erzpartikel des Kupferschiefers aus wässerigen Lösungen durch die Reduktionen des Bitumens, der Fischreste und anderer organicher Bestandteile erfolgte, allgemeinerer Anerkennung sich erfreuen. Mindestens noch sehr zweifelhaft aber ist nach der wirkungsvollen

[1]) H. v. Festenberg-Packisch. *Met. Bergbau Niederschlesiens.* Wien 1881, S. 77.

[2]) R. Brauns. *Chemische Mineralogie.* 1896, S. 387.

Kritik F. Pošepnys[1]), H. Louis'[2]) und anderer neuerer Autoren die gleichzeitig mit dem Absatz des Kalkschlammes erfolgte Abscheidung des Erzgehaltes. Ja uns scheint zurzeit die andere Möglichkeit, daß nämlich der Mergelschiefer erst nach seiner Ablagerung, von Klüften aus durch aufsteigende metallische Lösungen imprägniert worden sei, der Wahrheit näher gerückt. Eine kurze Diskussion soll das zeigen.

Es ist allerdings zuzugeben, daß das Wasser des heutigen Meeres geringe Mengen von Kupferverbindungen neben solchen des Zinks enthält. Denn nach L. Dieulafait[3]) befindet sich in den frischen Mutterlaugen der Salzgärten am Mittelmeere so viel Kupfer, daß man es bereits in 5 ccm der Flüssigkeit nachweisen kann. 1 cbm des Seewassers würde 0,01 g Cu enthalten. Die schwarze, schwefelreiche Masse, die sich in Bassins absetzt, worin Seewasser sich selbst überlassen wurde, führt nach diesem Autor immer Kupfer. Wie soll man sich aber vorstellen, daß diese minimalen Gehalte sich in solcher Weise, wie im Kupferschiefer, im mechanisch niedersinkenden Meeresschlamm konzentrieren? Die Hypothese von der Vergiftung der Fische ist nach Pošepny sehr unwahrscheinlich, denn das Hauptargument, die „konvulsive Krümmung“, ist ein Merkmal auch vieler Fischabdrücke in metallfreien Sedimenten, wie im Solnhofener lithographischen Schiefer und dem tertiären Monte Bolca-Schiefer. Ja, der dem Kupferschiefer sonst ganz ähnliche Marlslate der englischen Zechsteinformation, der aber keine Kupfererze führt, enthält doch ganz dieselben verkrümmten Paläonisken. Es ist offenbar die Krümmung eine Begleiterscheinung der Totenstarre, wie sie auch manche Fische der heutigen Gewässer nach ihrem Ableben annehmen, auch ohne daß sie einer Metallvergiftung erlagen. Nimmt man aber trotzdem die Fischvergiftung durch ins Meer geführtes, stark metallhaltiges Mineralwasser an, wie oft wiederholt müßte dann dieses seltene Naturereignis gedacht werden, um die Bildung der ganzen Mächtigkeit des Kupferschiefers zu erklären! Wissen wir doch, daß gerade solche feinschlammige Sedimente sehr langsam anwachsen.

Dann haben wir ferner gesehen, daß der Kupfergehalt in ganz verschiedenen Niveaus des Zechsteins zu finden ist, daß überhaupt die kupferhaltigen Lagerstätten dieser Formation durchaus nicht als ein einheitliches Sediment aufzufassen sind. Gerade

---

1) F. Pošepny. *Über die Genesis der Erzlagerstätten.* 1893, S. 168.

2) Phillips and Louis. *Ore Deposits.* 1896, S. 54.

3) L. Dieulafait. *Revue universelle des mines.* VII, 1880, p. 425. Compt. Rend. XC, 1880, 1573. XCVI, 1883, 70—72. CI, 1885, 1297.

die Niveaubeständigkeit bildete jedoch für A. v. Groddeck[1]) den Hauptbeweis für die Sedimentationstheorie.

Muß nicht vielmehr die andere Beobachtung in den Vordergrund gestellt werden, daß überall, wo die unter der Bezeichnung Kupferschiefer zusammengefaßten Gebilde als Erzlagerstätten sich darstellen, zahlreiche Spalten den Zechstein und sein Grundgebirge durchsetzen, Klüfte, die zum Teil den Charakter von Erzgängen haben? Spricht nicht die bis auf wenige Ausnahmen allgemein anerkannte Tatsache, daß der Kupfergehalt des Schiefers mit wachsender Annäherung an jene Klüfte und Rücken steigt, viel mehr für eine spätere Imprägnation von den Spalten aus, zumal wenn man sieht, daß die Infiltration mit Kupferverbindungen auch tiefere und teilweise höhere stratigraphische Horizonte, wie den unteren Zechstein, betroffen hat, sogar den Glimmerschiefer?[2])

3. Kupfererze im Rotliegenden des nordöstlichen Böhmens[3]).

Die lediglich durch Süßwasserschichten vertretenen Permablagerungen bilden eine von zahlreichen Verwerfungen durchzogene Mulde südlich von den Gneisen, Glimmerschiefern, Phylliten und Granitdurchbrüchen des Riesengebirgsvorlandes. Ihr Nordflügel fällt steil gegen Süd, ihr Südflügel dagegen sanft gegen Nord ab. Ergüsse von Melaphyren und Porphyren sind den Schichten eingefügt. Unter den zahlreichen Fundpunkten sind die bekanntesten und waren die ergiebigsten: Eipel,

[1]) A. v. Groddeck. *Lagerstätten der Erze.* 1879, S. 301.

[2]) Ganz ähnlich hat sich auch F. Beyschlag über diese Frage geäußert *(Beitrag zur Genesis des Kupferschiefers.* Z. f. pr. G., 1900, S. 115). — Auf den eigentümlichen Standpunkt F. Hornungs, N. J. f. M. C.-Bl. 1903, S. 258—263 und 1903, S. 358—362, sowie *Formen, Alter und Ursprung des Kupferschiefererzes,* Z. d. D. G. G. 1904, S. 207 können wir nicht eingehen.

[3]) M. Porth. *Das Kupferers-Vork. im Rothl. d. nordöstl. Böhmens.* Ref. N. J. f. Min. 1857, S. 347 und Jahrb. k. k. geol. Reichsanst. VIII, 1857, S. 455 u. IX, 1858, 18, S. 45—46. — J. Grimm. *Die Kupfererzl. im nordöstl. Teile Böhmens usw.* Leobener Jahrb. VII, 1857, S. 79—98. — O. Polak. *Geogn. Bericht über die im Bunzlauer, Gitschiner und Königgrätzer Kreise unternommenen Schürfungen.* Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst., 1858, S. 239. — C. A. Hering. *Die Kupfererzlagerstätte der Dyas im nordöstl. Böhmen in Bez. auf ihre Abbauwürdigkeit.* Österr. Z. f. B. u. H., 1888, S. 676—678. — F. X. M. Zippe in Sitzb. Ak. d. Wiss., XXVIII, S. 192 ff. — G. Gürich. *Die Kupfererzlagerstätten von Wernersdorf bei Radowenz in Böhmen.* Z. f. pr. G., 1893, S. 370 ff. — V. Rosický. *Über die Genesis der Kupfererze im nordöstl. Böhmen.* (Deutscher Auszug.) Bull. intern. de l'Ac. d. Sc. de Bohême. 1906, 19. Okt., S. 1—26. 1 Taf. Gibt vollst. Bibliogr.

Strabačov und Kozinec bei Starkenbach, Wernsdorf (Wernersdorf) bei Radowenz, wo im Jahre 1859 15000 q Erze gewonnen wurden, Böhmisch Brod, Schwarz Kosteletz und Ober-Kalna. Nirgends wurden die auf diese Bergbaue gesetzten Hoffnungen erfüllt.

Am Kozinec besteht das Perm aus glimmerigen Arkosesandsteinen, Mergeln und Sandsteinen mit Anthraziteinlagerungen. Alle, besonders die letzteren, sind reich mit Malachit, Azurit und Kupferglanz nebst Hämatit imprägniert. Der Kupferglanz bildet nach V. Rosický vielfach das einzige Bindemittel der Quarzkörner.

Bei Unter-Wernsdorf finden sich die Erze in zwei Horizonten, in einem Schieferton im Hangenden, worin nierenförmige Konkretionen und fingerstarke Schnüre von Kupferglanz und Pyrit liegen, und in einem solchen im Liegenden einer mächtigen Konglomeratbank, hier mit feinerer Verteilung.

Oft finden sich auch bis handtellergroße Konkretionen, die im Innern Kupferglanz führen, nach außen hin allmählich in Pyrit übergehen. Solche Nieren enthalten bis 14 % Cu. Aus der Gegend von Radowenz kennt man Kalamiten, die aus einem Gemenge von Anthrazit und Kupferglanz bestehen. Ihre gestreifte Oberfläche trägt eine dünne Rinde von Malachit, Kupferlasur und Ton. Auch auf Klüften sind diese oxydischen Erze innerhalb dieser Kalamiten wahrzunehmen, deren Gesamtgehalt an Kupfer auf 32—50 % sich beläuft.

Die fehlende Niveaubeständigkeit und das mehrfach in älteren Berichten erwähnte Gebundensein der Erzimprägnationen an Kluftzonen sprechen deutlich für die epigenetische Natur dieser Lagerstätten, zu der sich auch der letzte Autor, V. Rosický, bekennt. Nach ihm ist hierfür auch noch ausschlaggebend das Auftreten von Kupfererzen in Klüften der dortigen Melaphyre und im Porphyre von Běloves bei Náchod. Am letzteren Orte beschrieben der Genannte und W. Petraschek[1]) Kalzit, Braunspat, Quarz, rote Letten, Kuprit und Kupferglanz als Spaltenfüllung, die er wenigstens teilweise mit den dortigen Thermen in genetische Beziehung brachte.

Ähnliche Lagerstätten sind aus dem Kreise Jauer in Schlesien bekannt geworden.

---

[1]) W. Petraschek. *Die Mineralquellen der Gegend von Náchod und Cudova.* Jahrb. k. k. geol. Reichsanst. 1903, S. 459—472.

4. Die Kupfererzvorkommen in der Permformation Rußlands.

Nach Nikitin[1]) und anderen russischen Geologen gliedert sich die Permformation in dem weiten Gebiete westlich vom südlichen Ural in folgender Weise:

4. Rote Sandsteine, bunte Mergel und Schiefer der tartarischen Stufe, die den Übergang zur Trias vermittelt;
3. eine wesentlich aus Kalken bestehende Schichtengruppe, die dem westeuropäischen Zechstein entspricht (mit Leda speluncaria, Turbonilla Altenburgensis, Makrodon Kingianum u. a.);
2. Sandsteine, Kalk, Mergel und Schieferletten mit Kupfererz führenden Bänken dazwischen (mit Spirifer rugulatus, Productus Cancrini, Strophalosia horrescens u. a.);
1. tonige Kalksteine, Mergel und Gipse des liegendsten Horizontes.

Hieraus geht hervor, daß die Kupfer führenden Schichten ungefähr dieselbe stratigraphische Stellung inne haben, wie der deutsche Kupferschiefer. Das uralische Perm umschließt derartige Lagerstätten namentlich im Gebiete der Distrikte Perm und Jekaterinburg, sowie weiter südlich in der Gegend von Ufa und Orenburg. Man hat die Erfahrung gemacht, daß innerhalb dieser Gebiete der Erzreichtum mit wachsender Entfernung vom Ural abnimmt und in etwa 500 km Abstand gänzlich aufhört. Ferner wird allgemein angegeben, daß der Kupfergehalt sich besonders um die Abdrücke und kohligen Überreste von Kalamiten konzentriert hat, aber auch in Staubform, in Knoten und Nestern verteilt oder auf Klüftchen sich vorfindet. Vorzüglich sind Sandsteine der Sitz des Erzes. Dieses besteht in der Hauptsache aus Malachit, Kupferlasur, Kupferpecherz und Ziegelerz, sowie auch aus Kupferglanz, besonders in den Stammresten. Seltener brechen Buntkupferkies, Rotkupfererz, Volborthit (ein basisches Kupfervanadinat), Gips und Kalkspat mit ein[2]).

Die Erzverteilung ist eine höchst ungleichmäßige und auf 6 bis 70 cm mächtige Flötze beschränkt, deren 2—4 übereinander vorkommen können. Der Kupfergehalt beträgt ungefähr 3 %. Die wichtigsten

[1]) S. Nikitin. *Recherches géolog. le long de la ligne du chemin de fer de Samara.* Bull. du Com. Géol. Pétersbourg, Vol. V, 1886, Vol. VI, 1887, p. 225. — Tschernyschew. *Une excursion dans le gouv. Oufa et de Viatka.* Ebendort. Vol. VI, 1887, p. 7. Vol. VII, 1888, p. 81.

[2]) E. Neubert. *Die Kupfererzlager der Kargalinskischen Steppe.* B. u. H. Z. 1863, S. 141 u. 169. — C. R. Förster. *Notizen über den Kupferbergbau der Kargalinskischen Steppe.* Ebendort. S. 193—195.

Betriebe liegen in der Steppe von Kargalinsk, 40 km von Orenburg entfernt.

Auch die permische Formation im Donetzgebiet östlich von Bachmut[1]) umschließt derartige, freilich sehr arme Lagerstätten, die bereits in der Steinzeit bearbeitet worden sind. Sie bestehen hier aus graulichweißen, mit oxydischen Kupfererzen imprägnierten Sandsteinen, die rote Tone und Sandsteine an der Basis des Perm überlagern.

5. Kupfererze im Perm von Texas und von Neu-Schottland.

Nach E. J. Schmitz[2]) sind der aus schwach geneigten oder wagerechten Schichten von Sandstein, Schieferton, Mergel und Konglomerat aufgebauten Permformation im Red River- und im Brazos River-Distrikt von Texas in ganz verschiedenen Horizonten und an zahlreichen, über ein ziemlich weites Gebiet verstreuten Punkten Bänke von Mergel und Schieferton mit Kupfererzen eingeschaltet. Die Erze bestehen hauptsächlich aus grünen, blauen und dunklen Silikaten und Oxyden. Besonders finden sie sich als Vererzungsmittel von Holzresten in stammförmigen Stücken mit einem Durchmesser bis zu mehreren Zentimetern, ferner fein eingesprengt und endlich als rundliche Konkretionen. Die vererzten Stämme und diese Knollen halten an Kupfer 20—60 %, die ganzen sie einschließenden Massen meist 3,5—5 %, die nur fein imprägnierten Schichten meist viel weniger.

Ganz analoge Lagerstätten, nur mit der Abweichung, daß hier die Kupfererze vorwiegend durch Kupferglanz, seltener Kupferkies, Kupferindig u. a. dargestellt werden, hat H. Louis[3]) aus dem Perm von New Annan am French River in Neu-Schottland beschrieben.

6. Kupfererze in der Buntsandsteinformation von Sct. Avold und Wallerfangen.

In der Gegend von Sct. Avold und Wallerfangen bei Saarlouis in Lothringen gliedert sich die Buntsandsteinformation in folgender Weise:

	7. Der Muschelkalk, zuunterst mit Gipsen.
	6. Rote Letten und Sandsteine des Röt.
Oberer Buntsandstein oder Voltziensandstein.	5. Feinkörniger Sandstein, sog. Steinbrecherbank mit Tonzwischenlagen und Pflanzenresten, stellenweise mit Kupfererzen, ca. 12 m.
	4. Drusiger, eisenreicher Sandstein mit Dolomitlinsen, 6 m.
	3. Rote Lettenschicht mit Dolomitknollen, wenige Zentimeter.
	2. Konglomeratischer Sandstein, stellenweise mit Kupfererzen, bis 9 m.
	1. Hauptbuntsandstein oder Vogesensandstein, über 300 m.

Die darnach auf den Horizont unmittelbar im Hangenden und Liegenden der beiden Dolomit führenden Schichten beschränkte Erz-

[1]) A. Reh. *Das Kupfererz- und Salzvorkommen in der Permischen Formation Südrußlands.* Z. f. B. H. u. S. i. preuß. St., XXIX, 1881, S. 276.

[2]) E. J. Schmitz. *Copper Ores in the Permian of Texas.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., 26. Bd., 1897, S. 97—108.

[3]) H. Louis. *Discussion of the Paper by Schmitz.* a. a. O., p. 1051.

führung[1]) erstreckt sich dort, wo sie überhaupt vorhanden ist, nur auf gewisse, 6—60 cm mächtige Bänke. Sie besteht aus einer Imprägnation mit Malachit, erdiger Kupferlasur, im unteren Niveau auch mit erdiger Kupferschwärze. An gewissen Punkten sind die Kupfererze durch Bleierze, Bleiglanz und Weißbleierz, ersetzt. Die Erze bilden kleine Stäubchen oder Anflüge auf Klüften und bis walnußgroße Körner, finden sich auch häufig als Versteinerungsmittel von holzigen Pflanzenteilen.

Die Erzmittel sind auf besondere Erzzonen beschränkt, zwischen denen taube Strecken sich befinden. Diese Zonen laufen im allgemeinen dem Streichen parallel und scheinen, besonders im Hochwalde bei Sct. Avold, mit der Aufsattelung der Buntsandsteinschichten in Zusammenhang zu stehen. Sie fallen hier nämlich zusammen mit der nach W.

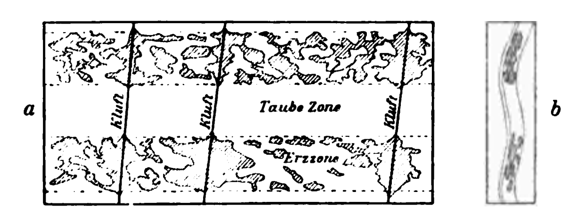


Fig. 237.
Grundriß (a) und beistehendes Querprofil (b) des Erzvorkommnisses von Wallerfangen und Sct. Avold nach C. Simon.
Zeigt die Anordnung der Erzzonen und Klüfte.

oder SW. abfallenden Seite einer Sattelbildung. Aber auch innerhalb dieser Zonen sind die oben aufgeführten Horizonte der Formation in reicherem Maße nur dort mit Erz imprägniert, wo eine der zahlreichen NS. streichenden Klüfte die Zonen durchschneidet. Es geht dies aus dem Grundriß und Profil Fig. 237 hervor. Solche Klüfte waren z. B. in den 50er Jahren in der Grube Barbara unweit von Wallerfangen aufgeschlossen. Sie bildeten nach C. Simon oft zollbreite, offene, meist trockene Spalten, deren Seitenflächen mit den prachtvollsten grünen und blauen Sternen von konzentrisch-strahligen Kristallen von Malachit und Kupferlasur geschmückt waren. Manchmal

[1]) Jacquot. *Notice historique et géologique sur les mines de St. Avold etc.* Ann. de l'ac. de Metz 1857. — C. Simon. *Kupfer- und Bleierzablagerungen im bunten Sandstein usw. von Saarlouis und Sct. Avold.* B.- u. H. Z. 1866, S. 412, 421, 430. — Hauchecorne. *Über Bleierze aus dem Buntsandstein von Saint-Avold.* Z. d. D. G. G., XXXI, 1879, S. 209.

waren auch die Klüfte geschlossen und nicht selten ganz und gar mit derber Kupferlasur und Malachit angefüllt.

Das ganze Buntsandsteingebiet überhaupt ist stark durchklüftet. Einige Klüfte bewirken beträchtliche Verwerfungen, so eine solche, die von W. nach O. von Quatre Vents südlich von Longueville über den Kreutzberg nach dem Heiligenborn bei Sct. Avold streicht. In unmittelbarer Nachbarschaft dieser Kluft, die den Muschelkalk ins Niveau des Buntsandsteins niederzieht, finden sich im ersteren die Bleierzvorkommen des Kastelberges bei Longueville, die Kupfererze im Hochwalde, die reichen, zugleich kalkigen Bleierzmittel im Bleiberge bei Sct. Avold und endlich die Kupfererze von Helleringen. Auf derselben Verwerfung quillt der Heiligenborn, ein eisenhaltiger Säuerling, hervor. Auch scheint es, daß diese tektonische Linie sich über Cocheren bis über den Schloßberg bei Forbach fortsetzt. Es würde dann die warme Salzquelle von Cocheren auf sie fallen.

Im Hochwald ist noch eine andere NS. streichende Kluft besonders bemerkenswert. Sie fällt unter 70° östlich ein und verwirft das Kupfererzlager um 2 m seigere Höhe. Sie bildet eine Spalte von 4,5 m Mächtigkeit, die mit Kupfererzen, Schwerspat und Kieseleisenstein angefüllt ist. Jedoch ist diese Erzführung nur auf den Bereich der dortigen Erzzone und auf das Niveau der erzführenden Gesteinsbank beschränkt.

Was die Genesis dieser Erzlager betrifft, so neigt C. Simon mehr zu der Annahme einer gleichzeitig mit der Sedimentbildung erfolgten Ausscheidung, obwohl die von ihm eingehend beschriebenen, von uns angegebenen Verhältnisse doch die spätere Infiltration der Erzlösungen höchst wahrscheinlich machen.

Der Kupfererzbergbau von Wallerfangen läßt sich bis in die Römerzeit zurück verfolgen. Von 1500 ab wurden namentlich auch Kupferlasuren (Azurerze) zu Malerfarben von dort nach Italien ausgeführt. Der später zeitweilig erloschene Bergbau wurde in den 50er Jahren wieder aufgenommen.

Buntsandstein mit Kupfererzen imprägniert ist ferner noch bekannt von Twiste[1]) bei Arolsen, wo sich vier Bänke mit Kupferglanz und Malachit feststellen ließen, von Bulach[2]) im württembergischen Schwarzwald (hier zugleich mit Fahlerz) und von Büdingen[3]) im Großherzogtum Hessen.

7. Kupfererz führende triasische Sandsteine in Neu-Mexico.

In den Nacimiento-Bergen, die mit nordsüdlichem Streichen im nordwestlichen Teile von Neu-Mexiko westlich vom Oberlauf des Rio Grande del Norte hinziehen, wird der Gebirgskern von Granit gebildet. Daran lehnen sich wesentlich kalkige Schichten des Karbons, denen wiederum weiße und rote Sandsteine, Mergel und Gipse der Triasformation mit oft steil aufgerichteten Schichten angeschlossen sind. Die höheren Horizonte werden endlich durch Kreideschichten vertreten[4]).

Die triasischen Sandsteine und teilweise auch Konglomerate, deren Alter durch Cycadeenreste, namentlich auch solche von Podozamites crassifolia fest-

---

[1]) B. v. Cotta. *Erzlagerstätten.* II. S. 165 u. 211.

[2]) Quenstedt. *Epochen der Natur.* S. 469.

[3]) C. Simon. A. a. O., S. 412.

[4]) J. S. Newberry. Rep. of Exploring Exped. in 1859. Washington 1876. — F. M. F. Cazin. *New Mexico and Lake Superior as a Copper Producer.* Eng. and Min. Journ. 1880, p. 87.

gestellt ist, führen in inniger Verbindung mit den zahlreichen Blättern, Stengeln und Stämmen dieser und anderer Pflanzen in gewissen Bänken reiche Kupfererze. Letztere bestehen hauptsächlich aus Buntkupfererz, Kupferglanz und Melakonit. Sie erscheinen über die ganze Mächtigkeit der 20, ja bis 30 m dicken Sandsteinablagerung hin eingestreut, mehr konzentriert aber nur in einzelnen Schmitzen zwischen den Schichtfugen, sowie auch in ganzen Lagen der erwähnten Pflanzenreste. Die Erze enthalten auch eine sehr unbedeutende Menge Silber.

8. Kupfererz führende Sandsteine im Copper Basin in Arizona.

Ein nahe mit dem vorigen verwandtes Vorkommnis, jedoch ohne Gegenwart von Pflanzenresten, bilden die Kupfererzlagerstätten des Copper Basin im Bezirk Yavapai des Territoriums Arizona. Auf einem grobkörnigen Granit, der von Porphyritgängen und einem mächtigen Quarzgang durchsetzt wird, lagert eine zum Teil bereits in einzelne Schollen zerschnittene Decke von Konglomeraten, Brekzien und Sandsteinen unsicheren Alters, die fast durch und durch in ihrem Zement und als Krusten um einzelne Körner und Gerölle Kupferlasur und Malachit enthalten. Der Kupfererzgehalt der 1—3 m mächtigen Gesteinsbänke wird zu 12—15 % angegeben. Aber auch der unterlagernde Granit führt Kupfererze und zwar in seinen obersten Regionen in Gestalt kleiner Trümer und Imprägnationen von Malachit und Rotkupfererz in Verbindung mit Quarz, in größerer Teufe dagegen in Form von eingesprengten Partien von Kupferkies. Es erscheint also hier, wie W. P. Blake[1]) erkannte, beinahe gewiß, daß auch die Sandsteine nach ihrer Ablagerung von unten her ihren Metallgehalt empfingen.

9. Die Kupfererzlagerstätten von Corocoro und Cobrizos in Bolivien.

Auf der Hochebene zwischen der westlich jurassischen, an Eruptiven reichen West-Kordillere und der hauptsächlich von paläozoischen Schiefern gebildeten Ost-Kordillere liegen eine Reihe von Kupfererzlagerstätten, unten denen wir die wichtigsten, von Nord nach Süd geordnet aufzählen: Pisaca dicht südlich vom Titicaca, Corocoro, Chacarilla, Turco, Quisacollo und viel südlicher Cobrizos, sowie das bereits zur östlichen Atacama gehörige S. Bartolo. Alle diese Fundstätten gehören einer über 750 km langen und 30—40 km breiten Zone von kupferführendem Sandstein von kretazeischem Alter an, dem Pucasandstein Steinmanns. Die roten Farben dieses Sandsteines sind neben den Kupfererzmitteln stets gebleicht. Diesem Tausende von Metern mächtigen Sandstein sind stellenweise Lagen von Kalkstein, Gips und Steinsalz, im tieferen Niveau auch gleichzeitig entstandene Augitporphyrite und deren Tuffe zwischengeschaltet.

---

[1]) W. P. Blake. *The Copper Deposits of Copper Basin, Arizona, and their origin.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., XVII, 1889, p. 479—485.

Die berühmteste jener Lagerstätten ist Corocoro[1]). Wie das von G. Steinmann aufgenommene Profil in Fig. 238 erkennen läßt, liegt dieser Ort auf einer Antiklinale der Pucasandsteine nahe einer steil nach W. fallenden Verwerfung, auf deren Nähe die Erzlagerstätten beschränkt sind. Sowohl die groben, tonarmen Sandsteine der unteren Abteilung dieser Formation, als auch die Tone und feinkörnigen Sandsteine der mittleren sind mit Kupfererz erfüllt. Dieses bildet im groben Gestein 0,5—2 m mächtige Bänke, Vetas (Gänge) genannt, in den Tonen und feinkörnigen Sandsteinen mehr dünne Lagen und Trümer, Ramos (Verzweigungen). Die ganze Erzzone zu beiden Seiten der Kluft ist etwa 2 km breit und 3—4 km lang. Gediegen Kupfer herrscht bei weitem vor. Nach H. Reck führen die Flötze das Metall in Körnchen, in massiven bis fußdicken oder nur dünnen Platten, in Haar-, Draht-, Moos-, Stauden- und Baum-Form, in Zweigen, Blättern und schönen Kristallen, auch in Pseudomorphosen nach Aragonitkristallen. Das

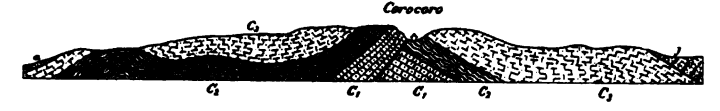


Fig. 238.
Querprofil durch die Verwerfung von Corocoro nach Steinmann.
a Alluvium, c_1 unterer, c_2 mittlerer, c_3 oberer Pucasandstein (Kreide), *j* Jujuy-Schichten (Pliocän ?).

Hauptflöz Buen Pastor wächst zwar in seiner Mächtigkeit bis 12 m an, indessen ist sein braunrotes Gestein vorwiegend erzleer, nur einzelne grau oder grünlich gefärbte Partien darin lohnen seinen Abbau. In der Tiefe führt auch dieses Flötz gediegen Kupfer, nebst etwas gediegen Silber, in oberen Teufen Malachit, Kupferschaum, Rotkupfererz, Domeykit (Arsenkupfer), Kupferlasur u. a. Immer ist neben den Erzen Gips zugegen. Die großen, wellig verbogenen Kupferplatten, dort Charque (an der Luft getrocknetes Fleisch) genannt, sind zuweilen ganz in Gips eingehüllt. Das von H. Reck erwähnte Vorkommen von Tierknochen, deren Markhöhlen mit gediegen Kupfer angefüllt sind, und von ver-

---

[1]) D. Forbes. *Rep. on the Geol. of South America.* I. Bolivia and Southern Peru. (Qu. J. Geol. Soc. 17. 1861, S. 38—48.) — H. Reck. *Das Vork. usw. des Kupfers in der Serania de Corocoro-Chacarilla.* B. u. H. Z. 23. 1864, S. 93, 113, 121, 129. — E. Moßbach. *Die Gruben von Corocoro und Chacarilla usw.* Berggeist 1873, S. 69ff. — L. Sundt. *Estudios geol. en Corocoro etc.* Bolet. Soc. Nacion. Min. Santiago. 1892. ser. 2a, 4. Nr. 44—46. — G. Steinmann. *Die Entst. der Kupfererzl. von Corocoro und verwandter Vork. in Bolivia.* Rosenbusch-Festschr. Stuttgart 1906, S. 335—368. II Taf. 4 Textfig.

erzten Holzresten konnte G. Steinmann nicht wieder beobachten. Schwerspat kommt gelegentlich, Kalkspat noch seltener vor.

Schon die alten Inkas gewannen auf der bolivianischen Hochebene Kupfer. Der moderne Bergbau datiert erst seit 1832, und die Stadt Corocoro entstand erst im genannten Jahre. In den 60er Jahren wurden jährlich 3000—3500 t Kupfer und 25 t Silber dort ausgeführt. In den 90er Jahren betrug die durchschnittliche Jahresproduktion der Kupfergruben des Gebietes von Corocoro 2300 t Kupfer. Neuerdings (1906) ist die Produktion sogar auf 2500 t angewachsen. Sehr ähnlich, wie die soeben geschilderten, sind die Verhältnisse der etwa 50 km südlich von Corocoro gelegenen Gruben von Chacarilla.

In vieler Beziehung analog mit dem von Corocoro scheint auch das Kupfererzvorkommnis von Cobrizos zu sein.

Bei Cobrizos unweit San Cristobal de Lipez in Bolivien, südlich von der Bahnstation Rio Grande, in ungefähr 4200 m Meereshöhe gelegen, bauen nach A. Gmehling[1]) die Gruben Galvarino und Chacra auf Kupfererzen inmitten derselben Sandsteine und Tonsteine. Die Erze bestehen vorzüglich aus gediegen Kupfer, in den obersten Teufen auch aus Chrysokoll, Malachit, Azurit und Kuprit. Merkwürdig sind die oft schalenförmigen dicken Kupferbleche der Grube Galvarino, deren Oberfläche einen Belag von gediegen Silber trägt. Dem Kupfer gesellt sich auch Bleikarbonat zu. Nur selten aber werden Nester von Kupfersulfiden beobachtet. Die Imprägnation der Sandsteine mit Kupfer ist immer an Kluftzonen gebunden. An manchen Stellen erscheinen die Sande mit Kalk verkittet, an anderen ist ihr Zement im Gegenteil ausgelaugt. Dann liegen die Knoten, dendritischen Aggregate und Bleche des Kupfers in lockerem Sand. Die Grube ist bekannt wegen der großen Menge von Kohlensäure, die in den tiefsten Galerien mit starkem Geräusch durch die von Kupfersulfaten grün gefärbten Grubenwässer ihren Ausweg suchen. Der Ausstrich der eigentlichen Lagerstätten wird verhüllt von einem Mantel von Kalksinter, dessen Struktur derjenigen der Karlsbader Sprudelschale gleicht. Die untersten Lagen dieses Kalksinters enthalten bereits oxydische Kupfererze. Nach G. Steinmann ist dieser Kalktuff, der auch Hydrobien enthält, jungdiluvialen Alters. Es wäre von großer Wichtigkeit, festzustellen, ob die Kohlensäureexhalationen mit dem Erzvorkommen in genetischer Beziehung stehen.

10. Kupfererze in der Kreide von Angola.

Neuerdings hat man bei Senze do Itombe in der portugiesischen Provinz Angola, Westafrika, mit Kupfererzen stark imprägnierte Konglomerate kennen gelernt. Sie sind nach F. W. Voits[2]) Untersuchungen der vorzüglich aus Kalken und verschiedenartigen Sandsteinen bestehenden Kreide eingeschaltet, die daselbst mit einem Einfallen unter 12° nach SW. den weiter landeinwärts sich erhebenden kristallinen Schiefern sich anlagert. Das Hangende und Liegende der Konglomerate bilden Versteinerungen führende Sandsteine des Cenomans. Die Erze bestehen hauptsächlich aus z. T. prächtig kristallisiertem Malachit und Azurit, die nach F. W. Voit von

---

[1]) Briefliche Mitteilung an den Verf., begleitet von einer vollständigen Sammlung von Belegstücken.

[2]) F. W. Voit. *Die Kupfererzvorkommen bei Senze do Itombe usw.* Z. f. pr. G. 1902, S. 353—357.

Volborthit, Chrysokoll, Kalzit, Aragonit und Baryt begleitet, nach der Tiefe zu aber teilweise von Kupferglanz abgelöst werden, neben dem ein wenig Bleiglanz einbricht. Das reiche Vorkommen ist an der Eisenbahn und nur 20 km vom schiffbaren Cuanza gelegen.

11. Die Kupferlagerstätte von Naukat in Turkestan.

Schon früher wiesen wir auf die Ähnlichkeit der neuentdeckten Lagerstätte von Naukat (Na-Ukàt) mit Corocoro hin (II. Aufl.). Inzwischen verdanken wir der Freundlichkeit des Herrn Dipl.-Ing. W. Breitenstein folgenden Bericht, der diese Annahme bestätigt:

Die Kupferlagerstätte Naukat liegt direkt am südlichen Ufer des großen Stromes Syr-Daria, ca. 35 km westlich von der Stadt Kokand im Ferganagebiet von Russisch-Turkestan. Fergana besteht zum größten Teil aus einem großen, ellipsenförmigen Becken, in dessen westlichen Brennpunkt etwa Kokand zu liegen kommt. Dieses Gebiet bildet im allgemeinen eine Ebene, wo reich kultivierte Landstreifen mit dichter, Ackerbau treibender Bevölkerung mit Steppe und Wüste wechseln. Die nächste Umgebung von Naukat ist hügelig. Diese Anhöhen sind Erosionsreste einer ehemaligen gewaltigen Antiklinale, in deren südlichem Flügel die Lagerstätte liegt. Die Landschaft trägt hier einen nackten Wüstencharakter, wo jegliche Vegetation fehlt.

Das Gebiet besteht aus rotem, stark eisenschüssigem Mergel in Wechsellagerung mit feinkörnigen Sandsteinflötzen. Nur selten findet man bituminöse Kalksteinschichten, sowie stark salzhaltige und bitumenreiche Mergeltone. Charakteristisch ist der überall in kleinen Rissen, Klüften und Verwerfungen auftretende Gips. Die Schichten sind nach J. Muschketow tertiären Alters. Sie streichen im Westen der etwa 20 km langen Lagerstätte O—W mit einem südlichen Einfallen von 70—90° und gehen allmählich in Bogenform im Osten in die Richtung SSW—NNO über, wobei sie sich gleichzeitig bis 30° verflachen. Die Schichtenköpfe sind meistens bloßgelegt, nur stellenweise werden sie von Sand- und Lößdünen sowie dünnen Geröllagern bedeckt. Die Schichten sind von mehreren Quer- und Längs-Verwerfungen durchsetzt. Die letzteren verraten sich durch deutliche Längsbrücken.

Nur die Sandsteinschichten, deren Mächtigkeit zwischen 0,5 und 12 m schwankt, sind erzführend. Die Erzführung besteht aus gediegenem Kupfer in Form von Konkretionen und feinen, mit bloßem Auge sichtbaren Kupferpartikelchen im Sandstein. Die Konkretionen, die oft Faust- bis Kinderkopf-Größe erreichen und Platten-, Trauben- oder rundliche Form besitzen, sind nicht massives Kupfer. Vielmehr bildet das Metall darin das Bindemittel der einzelnen Sandkörner, wie Fig. 239

erkennen läßt [1]). Im Dünnschliff bemerkt man in der wesentlich aus gediegen Kupfer bestehenden dunklen Masse bei auffallendem Licht auch einige Körnchen eines ebenfalls opaken Erzes (wohl Magnetit). Die in der Figur hell erscheinenden Partien sind scharfeckige Quarzkörnchen, einzelne zersetzte Silikate und etwas Kalzit. Vereinzelt ist Chlorit eingestreut (das blätterige Korn). Der Kupfergehalt dieser Knollen, die zurzeit das Hauptgewinnungserz bilden, beträgt rund 50 %. Die feine Imprägnation des Sandsteines dagegen tritt stets in Wolkenform in der

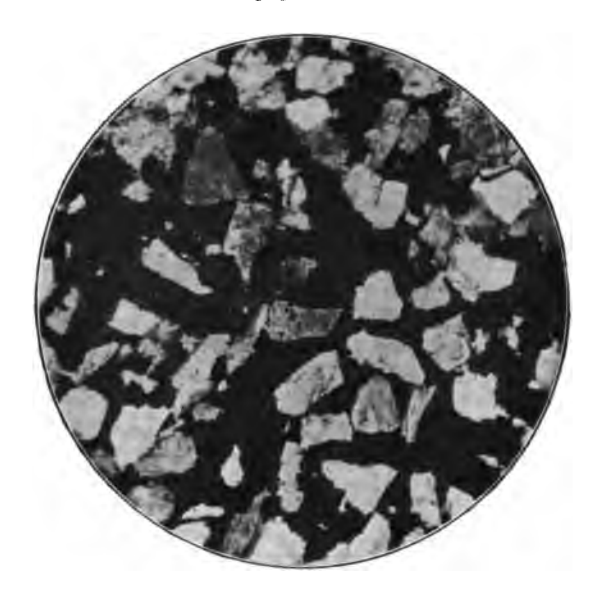


Fig. 239.
Dünnschliff durch eine Kupferkonkretion von Naukat
in 75 facher Vergr.

Umgebung von Konkretionen auf. Eine Seltenheit ist das Vorkommen des gediegenen Kupfers mitten im kristallinen Gips, wie man es in einer Verwerfungsspalte beobachten kann. Als zufälliger Bestandteil der Lagerstätte muß Kupferglanz erwähnt werden, der häufig neben verkohlten Holzresten zu finden ist.

Die sehr unregelmäßige Erzführung ist an keine bestimmten Schichten gebunden, insofern als zwischen mehreren, wenigstens scheinbar unabhängigen Flötzen einige erzleere Sandsteinschichten zwischengeschaltet sind. Die einzelnen Erzmittel zeigen an der Oberfläche Längen von 100—500 m. Die Hutzone, die sich bis 10—15 m unter der Oberfläche

[1]) Wir verdanken das Bild der Freundlichkeit des Herrn Dr. Delkeskamp.

erstreckt, ist durch das Auftreten von Malachit und Kuprit gekennzeichnet. Letzterer bildet alsdann den inneren Kern der Konkretionen.

Der Anfang des Bergbaues dieser Gegend greift sehr weit zurück, wie man aus ethnographischen Resten beweisen kann. So wurde z. B. unter anderen alten Werkzeugen in einem alten Bau ein steinernes Beil gefunden. Mit einer größeren Ausbeutung der Lagerstätte und zwar zunächst auf einem Flötze ist erst seit ca. 3 Jahren begonnen worden. Die Produktionsziffer beläuft sich in dieser Zeit auf ca. 150 t Reinerz mit rund 50 % Kupfer. Der Haupt-Aufschluß ist jetzt 60 m tief.

Da in manchen Flötzen kohlige Beimengungen recht reichlich vorhanden sind, da auch von Gasausströmungen in einem Schurfschachte berichtet wurde und da endlich in nur 20 km Entfernung Erdöl gewonnen wird, so ist vielleicht bei Naukat an Reduktionserscheinungen durch Kohlenwasserstoffverbindungen zu denken.

Das tertiäre Alter des Nebengesteins von Naukat bedingt die Stellung dieser Lagerstätte hinter denen von Corocoro und Angola.

12. Die Kupfererzlagerstätten von Boléo in Unterkalifornien.

Boléo liegt an der Ostküste der Halbinsel Unterkalifornien gegenüber dem Hafen von Guaymas an der mexikanischen Küste. Nach E. Fuchs[1]) bildet die Gegend eine ausgedehnte Hochfläche, die von sanft nach dem Meere hin geneigten miözänen Schichten von trachytischen und andesitischen Tuffen und Konglomeraten aufgebaut wird. Vier tiefe Schluchten durchfurchen das Gelände, das außerdem noch von einzelnen, isolierten Kuppen überragt wird. Den Abschluß nach oben hin erhält das ganze Schichtensystem durch eine mächtige Basaltdecke. Im W. lehnt es sich an eine längs der Küste hinziehende Kette trachytischer Berge an (Fig. 240).

Das Kupfererz findet sich in drei Flötzen, wovon das unterste 0,6—3 m, das mittlere 0,8—2,3 m, das oberste durchschnittlich 1 m mächtig ist. Die Hauptmasse dieser Flötze stellt einen graulila gefärbten tuffigen Ton dar, der 0,1—6 % Chlornatrium enthält. Die Erze sind in Form von Körnchen, kleinen Trümchen oder rundlichen Konkretionen diesem Tone eingestreut, an der Basis aber immer zu einer 15—20 cm starken derben Lage konzentriert. Sie bestehen aus Rotkupfererz mit etwas Kupferlasur, Malachit, Chrysokoll und Crednerit. Mit dem Gehalt an Chlornatrium in genetischem Zusammenhang steht

[1]) E. Fuchs. *Notes sur les gisements de cuivre du Boléo.* Assoc. Franç. pour l'avancem. des sc. 1885. — Fuchs et De Launay. *Traité etc.* 1893. p. 349. — P. Krusch. *Kupfererzlagerstätten in Nieder-Kalifornien.* Z. f. pr. G. 1899, S. 86.

das Vorkommen von Boleit, Cumengit, Phosgenit und Atacamit. Infolge der ziemlich reichen Beimengung von Crednerit ($Cu_3Mn_4O_9$) geben die Analysen der geförderten Erzmassen neben 15—26 % CuO und 4—12 % Fe_2O_3, noch den hohen Mn_2O_3-Gehalt von 7—24 % (P. Krusch).

Das mittlere Lager, das in der Nachbarschaft einer durchstreichenden Verwerfung wohl infolge hydrothermaler Einflüsse besonders reich an Kieselsäure ist, bildet zugleich den Hauptfundplatz für die erwähnten,

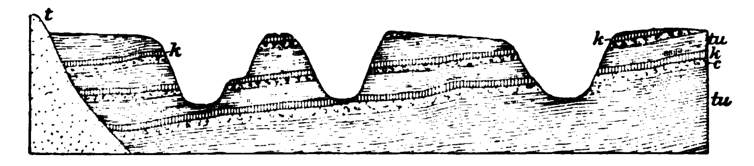


Fig. 240. *Schematisches Profil durch die Kupferlagerstätten von Boléo* nach Fuchs.
t Trachyt, *tu* tonige Tuffe, *c* Konglomerate, *k* Kupfererzflötze.

kugeligen Konkretionen von oxydischem und karbonatischem Kupfererz, die Boléos genannt werden. Diese halten 25—40 % Cu und erreichen einen Durchmesser von mehreren cm. Im untersten Lager findet sich auch Kupferglanz und Covellin.

Die Lagerstätten sind erst seit 1884 in Abbau genommen worden. Es betrug die Produktion seit 1897 jährlich ca. 10000 t Kupfer. 1906 wurden 302499 t Erz verarbeitet, welche 11000 t reines Kupfer ergaben.

18. Die Kupfersandsteine von Alghero.

Auch in Europa ist neuerdings ein miozänes Beispiel von Kupfersandsteinen bekannt geworden, die von A. Stella[1]) beschriebenen Erzlagerstätten der Umgebung von Alghero in SSO. von Sassari im nordwestlichen Sardinien. Bei Bessude, Cheremule und Giave, dem Nordfeld, sind Kupferkarbonate an einen bestimmten, 0,1—1 m mächtigen miozänen Sandsteinhorizont gebunden, der Kalke zum Dach, talkige Konglomerate zum Liegenden hat. Die Verteilung der Karbonate in dem arkoseartigen Sandstein ist sehr ungleich (1—2 % Cu). Im Südfeld, bei Mara, grenzen sehr kupferarme Sandsteine an Trachyt.

γ) Bleierzlager.

1. Die Knottenerze von Commern in der Rheinprovinz.

Über dem stark gefalteten und aufgerichteten Devon des rheinischen Schiefergebirges lagert bei Commern zwischen Aachen und Bonn

---

[1]) A. Stella. *Relazione sulle ricerche minerarie nei giacimenti cupriferi del circondario di Alghero (Sassari).* 2 Tav. Boll. de R. Com. geol. d'Italia, 1908. 4. 1—34.

im Norden der Eifel die **Buntsandsteinformation**. Ihre etwa auf 20 km Länge und 7 km Breite sich erstreckenden Schichten werden zum Teil von dem konkordant aufgelagerten Röt und Muschelkalk

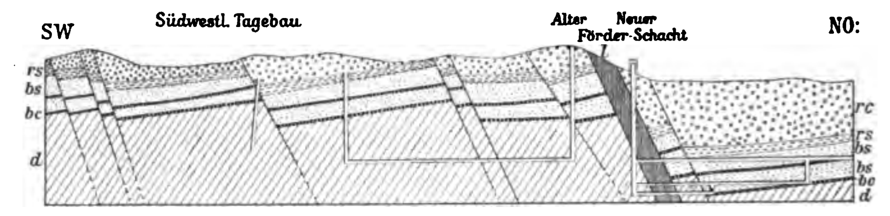


Fig. 241. *Generalprofil durch die Bleierzlagerstätten am Griesberg bei Commern* nach Blanckenhorn.

rc rote Konglomerate, *rs* rote Sandsteine des Hangenden (oberster Hauptbuntsandstein), — *bc* konglomeratische Horizonte des unteren Hauptbuntsandsteines (Wackendeckel). — *bs* Bleierz führende, gebleichte Sandsteine (Knottenflötze), — *d* devonische Grauwacken, — *l* lettige und sandige Ausfüllung einer Verwerfungskluft.

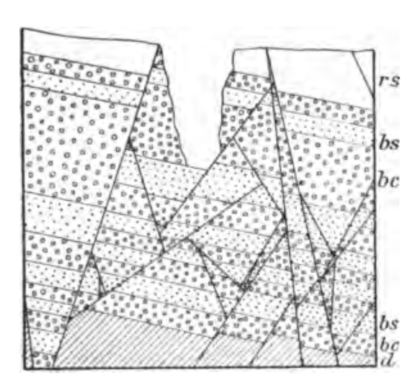


Fig. 242.
Profil durch eine stark gestörte Partie der Bleierzlagerstätten der Konzession Schunk Olligschläger nach Hupertz.

überdeckt. Die unteren Schichten der unteren Abteilung dieser Buntsandsteinformation, des sog. Hauptbuntsandsteines, enthalten die Knottenflötze auf dem **Bleiberg** der Meinertzhagener Bergwerks-Aktiengesellschaft und einiger Nachbarkonzessionen. Diese Lagerstätten sind zwischen Call und Mechernich in einem 7 km langen und 2 km breiten Gebiete in bergmännischen Abbau genommen [1]).

Die Sandsteinschichten fallen in der Gegend des Bleiberges unter 5 bis 12° nach NW. ein, sind aber meist von zahllosen Verwerfungsklüften

---

[1]) C. v. Oeynhausen und H. v. Dechen. *Der Bleiberg bei Commern.* Karstens Archiv, IX., 1825, S. 29—40. — C. Diesterweg. *Beschreibung der Bleierzlagerstätten, des Bergbaus und der Aufbereitung am Bleiberge bei Commern.* Z. f. d. B.-, H.- u. S.-W. im preuß. St. 1866, S. 159—196. — Haber. *Genesis der Bleierze im Buntsandstein des Bleiberges bei Commern.* Berggeist XI, 1866, S. 281, 289. XII, 1867, S. 80, 83, 91. — M. Blanckenhorn. *Die Trias am Nordrande der Eifel.* Abh. z. geol. Spezialk. von Preußen, Bd. VI, 2., 1885. — F. W. Hupertz. *Der Bergbau usw. des Mechernicher Bergwerks-Aktien-Vereins.* Köln 1886. — Freundliche mündliche und briefliche Mitteilungen der Herren Dr. ing. Percy Wagner und Dipl.-Ing. S. Reinheimer.

stark gestört. Die beiden Profile Fig. 241 und 242 (S. 176) geben die Lagerung eines weniger und eines besonders stark gestörten Teiles wieder. Vielfach sind die Knottenflötze durch diese Dislokationsspalten förmlich zerstückelt. Die wichtigsten Verwerfungen sind die Griesbacher Hauptkluft, die mit ihren parallelen Nebensprüngen die Flötze treppenförmig um 42—46 m verwirft, und die Sonnenberger Hauptkluft, die mit Baryt erfüllt ist und prachtvolle Harnische zeigt. Die letztere dürfte nach M. Blanckenhorn eine Sprunghöhe von 140 m haben. Sie begrenzt den eigentlichen Bleiberg im Süden.

Die Buntsandsteinformation enthält in dieser Gegend, besonders im unteren Niveau viele konglomeratische Bänke eingeschaltet, die dort Wackendeckel genannt werden. Die Gerölle derselben bestehen aus Quarzit, Grauwacke, Sandstein und Quarz. Diese Konglomerate sind nach ihrer gegenseitigen Lage sowohl, wie nach ihrer Mächtigkeit sehr wechselnd, sodaß ein für alle Gruben zutreffendes Profil nicht gegeben werden kann.

Bei Mechernich ist die folgende Schichtenfolge auf eine größere Strecke hin festgestellt worden:

Gerölldecke
Roter Sandstein
Konglomeratschicht
Gelber Sandstein
Konglomeratschicht
Lettenlage
} die Mächtigkeit dieses Dachgebirges steigt bis 50 m an.

Oberes Knottenflötz (26 m).
Konglomeratschicht.
Unteres Knottenflötz (18 m), jedoch häufig mit 3—4 Konglomeratlagen.
Grundkonglomerat (0,5—6 m).
Roter Letten mit Grauwackenbruchstücken.
Devonisches Grundgebirge (Unter-Devon).

Am Griesberg bei Commern herrscht nach M. Blanckenhorn das folgende Profil:

Decke von Geröll und Dammerde.
Konglomerat mit roten Sandsteinlagen 3 m (oberer erzleerer Hauptbuntsandstein).
Erstes Knottenflötz, im obersten Drittel rötlichgelblicher, erzleerer Sandstein bloß mit tauben Knotten, im unteren Teile weiß und bleierzführend . . . . 9—11 m
Konglomerat (Wackendeckel) . . . . 0,6—2 m

Zweites Knottenflötz fast durchweg mit Bleierzknotten, stellenweise auch mit oxydischen Kupfererzen . . . . 10 m
Grundkonglomerat, stellenweise mit Bleiglanz und Malachit . . . . 2—4 m
Devon.

Die Knottenflötze bestehen aus einem weißlichen, meist leicht zerreiblichen, aus hirsekorngroßen Quarzkörnern zusammengesetzten Sandstein mit tonigem oder schwach kalkigem Bindemittel. Darin liegen einzeln, dicht gedrängt oder zu Gruppen verbunden die Bleierzknotten, das sind rundliche, aus Sand und Bleiglanz, seltener auch aus Weißbleierz oder, wie am Griesberg, aus oxydischen Kupfererzen gebildete, feste Konkretionen von 1—3 m im Durchmesser. Mitunter haben sie durch die Kristallisationskraft des zementierenden Bleiglanzes hexaëdrische Umrisse erhalten, oder es ragen wohlausgebildete Bleiglanzwürfel aus ihnen hervor. Überall, wo diese Erzknotten auftreten, ist der umgebende Sandstein weißlich gebleicht. Jedenfalls haben organische Bestandteile nicht nur diese Reduktion des den Buntsandstein sonst färbenden Eisenoxyds zu Oxydul, sondern auch die Ausscheidung des Schwefelbleis aus Lösungen einst veranlaßt.

Neben den Bleierzknotten kommen auch sog. taube Knotten vor, Konkretionen, deren Bindemittel nur tonig oder kalkig ist.

Was den Bleigehalt der Knotten betrifft, so besteht nach F. W. Hupertz das aus der Wäsche hervorgehende Material zu 98 Teilen aus grobkörnigen Knotten mit einem Bleigehalt von 20—24 % und zu 2 Teilen aus feinerkörnigem Schmelzerz mit 55—60 % Blei. Dabei betragen nach C. Diesterweg am Bleiberg in den bauwürdigen Gesteinspartien die Knotten dem Gewichte nach 4—10 % der ganzen Flötzmasse. Der durchschnittliche Bleigehalt der bauwürdigen Flötze beträgt 1,5—2 %, der Silbergehalt wird auf 1—6 g pro t angegeben. Nicht immer hat der Bleigehalt des Flötzes sich zu Knotten konzentriert. Als Weißbleierz ist er öfter gleichmäßig als Bindemittel der Quarzkörner im ganzen Sandstein verbreitet. Weißbleierz bildet zuweilen auch eine wohl sekundäre Kruste um die Bleiglanzknollen.

Blei- und Kupfererzknotten treten nur selten zusammen auf. In den Grubenfeldern Günnersdorf und Neu-Schunk-Olligschläger kommen zuweilen Partien vor, welche Kupfererzknotten enthalten. Diese schneiden mit ihrer grünen Farbe scharf von der übrigen, mit blaugrauen Bleierzknotten besetzten Flötzmasse ab.

Auch innerhalb der Wackendeckel findet sich Bleiglanz und zwar zum Teil schön auskristallisiert, aber nicht in bauwürdigen Mitteln.

Etwas abweichende Beschaffenheit, als die bisher erwähnten, haben die Bleierzlagerstätten nördlich vom Tanzberg bei Keldenich, die sog. Lehmerzlager. Es sind braunrote Letten mit dünnen Lagen von faserigem Weißbleierz (Banderz) oder tonigen Konkretionen von solchem (Lebererz). Sie sind an der Grenze der beiden Buntsandsteinstufen eingeschaltet, gehören also einem höheren Niveau an.

Endlich sind noch Klüfte zu erwähnen, die Sandsteine und Konglomerate durchsetzen, wobei sie mitunter einzelne Quarzgerölle scharf durchschneiden. Auf diesen Spalten findet sich Bleiglanz und Weißbleierz auskristallisiert, daneben Grünbleierz, Eisenkies und Kupferkies.

Die schichtigen Bleierzlagerstätten sind gewöhnlich in der Weise erklärt worden, daß man sich die Ausscheidung des Bleiglanzes schon während des Absatzes des Sandes geschehen dachte. Diesen denken sich mit seinen Lagen von Geröll manche als eine Deltabildung.

Viel wahrscheinlicher ist die zuerst von Haber und nach ihm von F. Pošepny[1]) verfochtene Annahme, wonach das Erz in den so stark dislozierten Sandsteinschichten von Klüften aus durch aufsteigende Quellen sekundär abgesetzt wurde. Letzterer weist namentlich auch darauf hin, daß zwar für gewöhnlich die Knotten parallel der Schichtung angeordnet sind, allein in der Nähe der den Sandstein durchsetzenden Klüfte auch in Zonen, die den Salbändern solcher steiler Klüfte parallellaufen. Ein uns vorliegendes Stück[2]) bestätigt diese Beobachtung. Man sieht daran, daß ein Knottensandstein quer zu seiner sehr deutlich erkennbaren Schichtung von einem bis fingerdicken Bleiglanztrum durchschnitten wird, in der Nähe von dessen Salband sich Rutschflächen bemerkbar machen. Zu beiden Seiten dieses Trumes sind die sonst spärlichen Bleiglanzknotten bis 2 cm Entfernung von den Salbändern so stark gehäuft, daß sie sich öfters gegenseitig berühren. In situ hatte der Auffinder festgestellt, daß eine größere Anzahl solcher ungefähr paralleler Trümchen, die teilweise durch Diagonaltrümchen verbunden waren, in beinahe schwebender, ganz flach fallender Lagerung den dort abnorm mit seiner Schichtung steil einfallenden Sandstein auf kurze streichende Erstreckung, unter baldigem Auskeilen, durchzogen. Sehr bemerkenswert ist auch, daß die sphäroidischen tonigen Konkretionen, die, wie auch sonst im Buntsandstein, innerhalb der Knottenflötze vorkommen, frei von Bleierz-

---

[1]) F. Pošepny. *Genesis*. 1893, S. 173.

[2]) Wir verdanken es der Freundlichkeit des Herrn Dipl.-Ing. S. Reinheimer.

knotten geblieben sind. (P. Wagner.) Dies spricht sehr für die spätere Zuführung der Bleiverbindungen. Immerhin muß zugestanden werden, daß im allgemeinen zwischen den Verwerfungsklüften und dem Reichtum an Bleiglanzknotten keine gesetzmäßige Abhängigkeit zu erkennen ist.

Auch die gangförmigen, schon von den Römern ausgebeuteten Bleiglanzlagerstätten im devonischen Eifel-Kalkstein des nahen Tanzberges bei Keldenich sprechen für die Richtigkeit dieses Ideenganges. Diese letztgenannten Lagerstätten erweitern sich an der Auflagerungsfläche des über dem Eifelkalke ruhenden Buntsandsteines zu förmlichen Trichtern, die mit einem mürben, Kupfererze, Bleierze und Eisenkies führenden, manganreichen Eisenmulm erfüllt sind. Die Infiltration mit bleihaltigen Lösungen hat danach ganz verschiedene Gesteine dieser Gegend betroffen.

Der Bergbau am Tanzberg bei Keldenich, dem römischen Calydonia, reicht zurück bis in die Zeit der Kelten, denn die Römerstraße von Köln nach Trier durchschneidet eine alte Halde[1]). Auch Münzenfunde im Alten Mann der Gruben bestätigen das.

Zur Römerzeit wurden neben den Bleierzen im Devonkalk des Tanzberges die derberen Bleiglanze der Wackendeckel gewonnen. Der Bergbau auf dem Knottensandstein dagegen läßt sich nur bis auf das Jahr 1629 zurück verfolgen. Seit 1852 wurde er auch mittels Tagebaues betrieben, neuerdings wieder mehr nur unterirdisch. In den 70er Jahren betrug die Produktion an Blei 10—15000 t und die an Silber 2300—3700 kg pro Jahr. Im Jahre 1900 wurden zu Mechernich 262126 cbm Knottensandstein gefördert und daraus 22145 t Erz (1 t Erz aus 11,84 cbm Haufwerk) dargestellt.

Ein ähnliches Vorkommen, wie das bei Commern, ist das von Maubach an der Rör im Kreise Düren innerhalb der Grundkonglomerate des Buntsandsteines[2]).

Zu Strempt bei Call in der Eifel finden sich im Buntsandstein merkwürdige hohle Konkretionen, deren Wände aus Braunspat gebildet sind, während die Innenseite mit Bleiglanzwürfeln besetzt ist.

Noch eine eingehendere Untersuchung verdient das Erzlager der Grube „Gute Hoffnung" bei Bescheid, etwa 6 km westlich von Mechernich. Hier baut man nach S. Reinheimer[3]) im oberen Hauptbuntsandstein auf einem blaugrau gefärbten festen Sandstein, dessen Quarzkörnchen völlig durch kristallinen Bleiglanz verkittet sind. Mit voller Mächtigkeit stößt dieser blaugraue Sandstein im Streichen mit scharfer Grenze ab

---

[1]) Freise. *Geogr. Verbr. und wirtschaftl. Entw. des süd- und mitteleurop. Bergbaues im Altertum.* Z. f. d. B., H. u. S.-W. i. pr. St. 1907.

[2]) A. Gurlt. *Das Erzvorkommen am Maubacher Bleiberge.* Sitzb. niederrh. Ges. 1861, S. 56—62.

[3]) Briefliche Mitteilung an den Verfasser.

an gewöhnlichem, weißlichem Knottensandstein oder an rötlichem, erzleerem Sandstein. Die senkrechten Grenzflächen dürften Verwerfungsspalten sein.

Eine mikroskopische Untersuchung dieses teilweise auch konglomeratischen Bleisandsteines von Bescheid zeigte uns, daß der Bleiglanz nicht nur als Zement zwischen den Quarzkörnern sich findet, sondern teilweise auch in diese selbst randlich eingreift. Ebenso bemerkt man innerhalb von eingestreuten Rollstücken eines arkoseartigen Quarzites viele eingewanderte Bleiglanzkriställchen. Die Verdrängung sowohl des Zementes, wie auch eines Teiles der Quarzkörner durch das Erz steht mit einer Ausscheidung von Serizit in Verbindung.

Auch bei Sct. Avold unweit von Saarlouis kommen im Buntsandstein neben den Imprägnationen mit Kupfererzen, wie bereits auf S. 166 erwähnt wurde, auch solche mit Bleierzen vor. Ihre Lage ist lediglich auf die unmittelbare Nachbarschaft durchstreichender Klüfte beschränkt. Die Erze des Bleiberges bei Sct. Avold hielten nach Fuchs[1]) auch Silber und zwar 560 g pro t Blei.

2. Bleierze im Keupersandstein von Freyhung in der bayerischen Oberpfalz.

Bei Freyhung im Quellgebiet der Vils in NNO. von Amberg und weiter nordöstlich unweit Pressath am Naabtal enthält die das ostbayerische Grenzgebirge begleitende Keuperzone längs der Freyhung-Kirchenthumbacher Verwerfung Bleierzlagerstätten[2]). Der dortige Keuper gliedert sich in:

3. Rhät (gelbweiße Sandsteine und Schiefertone).
2. Hauptkeuper (grellgefärbte Mergel, Tone und Sandsteine).
1. Kohlenkeuper.

In der unteren Stufe des Hauptkeupers nun trifft man Einlagerungen von weißen, kaolinreichen Sandsteinen mit Putzen und feinkörnigen Imprägnationen von Bleiglanz, Weißbleierz und Bleimulm, sowie mit Weißbleierz ganz imprägnierte Lettenlagen. Das 1—3 m mächtige Hauptflötz von weißem, lockerem Sandstein enthielt durchschnittlich 5—10 % Weißbleierz und Bleiglanz. Besonders ist der Erzgehalt an die im Keupersandstein eingeschlossenen Pflanzenreste, namentlich Stammstücke geknüpft. F. Pošepny hat den Durchschnitt eines solchen vererzten Stammes abgebildet, der größtenteils in Bleiglanz

[1]) Fuchs et De Launay. *Traité.* II, 1893, p. 658.

[2]) B. v. Cotta. *Erzlagerstätten.* II, S. 192. — K. Gümbel. *Ostbayerisches Grenzgebirge.* S. 687. — E. Kohler. *Die Amberger Erzlagerstätten.* Geogn. Jahresb. München 1902. — F. Pošepny. *Genesis.* 1893, S. 173.

umgewandelt ist, während in der Rindenschicht Eisenkies zur Abscheidung gelangt ist.

Der früher ergiebige Bleibergbau von Freyhung ist gelegentlich auch in neuerer Zeit wieder aufgenommen worden, so in den 80er Jahren auf der Grube Vesuv durch die bayerische Bleibergwerksgesellschaft, war jedoch nicht von Dauer.

δ) Silbererzlager.

Die Silbersandsteine in Utah.

Im Washington County des Staates Utah nahe an der Grenze von Arizona herrscht die Triasformation, die hier aus stark geneigten Schiefer- und Sandsteinschichten besteht. Zwei der Sandsteinbänke, das White Reef und das Buckeye Reef, deren Gestein eine weißlichgraue oder rötlichbraune Färbung hat und viele unbestimmbare Pflanzenreste enthält, sind nach Ch. M. Rolcker[1]) u. A. an vielen Stellen mit Chlorsilber und etwas gediegen Silber imprägniert, sodaß der Silbergehalt 0,085 % beträgt. In tieferen Niveaus stellen sich auch sulfidische edle Silbererze und Kupfererze ein. Bemerkenswert ist ein hoher Gehalt der Silbererze an Selen, in manchen Proben fast gleich hoch, wie der an Silber.

Während J. S. Newberry diesen Erzgehalt des Sandsteines als eine gleichzeitig mit dem Absatz des Sandes entstandene Bildung betrachtete, sind die meisten anderen Autoren der Ansicht, daß das Erz sekundär zugeführt sei. C. M. Rolcker stützt sich hierbei besonders auf die Beobachtung, daß der Sandstein nur in dem geborstenen Gewölbe einer Aufsattelung Erze führt und in der Nähe von Verwerfungsspalten, die neben Letten zuweilen auch Silbererze enthalten, am reichsten ist. Übrigens werden in ein und derselben Sandsteinbank reiche Zonen von dazwischen liegenden, breiten Streifen tauben Gesteines getrennt. Die kohlige Substanz des Gesteins hat offenbar als Fällungsmittel der metallischen Lösungen gedient. Einmal wurde ein Baumstumpf im Sandstein angetroffen, dessen hartes, verkieseltes Kernholz 250—300 g Ag p. t enthielt, während Splint und Borke, in Lignit umgewandelt und ganz mit Silbersulfiden imprägniert waren, sodaß sie 155,5 kg Ag p. t ergaben.

---

[1]) Ch. M. Rolcker. *The Silver Sandstone District of Utah.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., IX., 1880, S. 21. — R. P. Rothwell. *The Silver Reef District, Southern Utah.* Eng. and Min. Journ., XXIX., S. 25 und 48. — J. S. Newberry. *Rep. of the Stormont Silver Mining Comp.* Eng. and Min. Journ., XXX., S. 269. — W. P. Jenney. *The Chemistry of Ore-Deposition.* Trans. Am. Inst. Min. Eng. Okt. 1902.

ε) Schichtige Golderzlagerstätten inmitten paläozoischer Formationen.

1. Die Gold führenden Konglomerate vom Witwatersrand in Südafrika.

Von allen schichtigen Golderzlagerstätten der Erde haben die Konglomeratflötze des Witwatersrands oder, wie man meist kurz sagt, des Rands in Transvaal bei weitem die größte wissenschaftliche und ökonomische Bedeutung. Eine weitschichtige Literatur, von der wir unten[1])

[1]) Wichtigste Literatur über den Rand: E. Cohen. *Goldführende Konglomerate in Südafrika.* Mitt. d. naturw. Vereins f. Neuvorpommern und Rügen. — Derselbe. *Geogn.-petrogr. Skizzen aus Südafrika II.* Neues Jahrb. f. Min. 1887, Beil.-Bd. V, S. 210. — A. Schenk. *Über das Vorkommen des Goldes im Transvaal.* Z. d. D. G. G., XLI., 1889. S. 573ff. — W. H. Penning. *A Contribution to the Geology of the Southern Transvaal.* Quart. Journ. Geol. Soc., XLVII, 1891, p. 452. — W. Gibson. *The Geology of the Gold-bearing and assoc. Rocks of the Southern Transvaal.* Quart. Journ. Soc., XLVIII., p. 420, 1892. — F. Abraham. *Aufrichtige Geschichte der Goldminen des Witwatersrandes.* Berlin 1892. — L. de Launay. *Nouveaux gisements d'or du Cap.* Bull. Annales des mines, 1892, p. 136. — G. A. F. Molengraaff. *Beitrag zur Geologie der Umgegend der Goldfelder auf dem Hoogeveld usw.* Neues Jahrb. f. Min., 1894, IX. Beil.-Bd. — Schmeisser. *Über das Vorkommen und die Gewinnung der nutzbaren Mineralien in der Südafrikanischen Republik.* Berlin 1894. — A. Pelikan. *Über die goldf. Quarzkongl. vom Witwatersrand.* Verh. k. k. geol. R. Wien 1894, p. 424. — J. Kuntz. *The Band Conglomerates, how they were formed.* Trans. Geolog. Soc. of South Africa, 1896, p. 118—121. — F. A. Hatch and J. A. Chalmers. *The Gold Mines of the Rand.* London 1895. — L. de Launay. *Les mines d'or du Transvaal.* Paris 1896. (Mit vollständiger Bibliographie.) — K. v. Kraatz. Z. f. pr. G. 1896, S. 188. — G. F. Becker. *The Witwatersrand Bankets with notes on other gold bearing puddingstones.* Eighteenth ann. rep. of the Survey of the U. S. 1896—97, Part. V. — P. Krause. Z. f. pr. G., 1897, S. 12. — G. A. F. Molengraaff. *Annual Rep. of the State Geologist of the S. African Rep. for 1897.* Johannesburg 1898. — S. J. Truscott. *The Witwatersrand goldfields Banket and mining practice.* Illustrated. London 1898. — G. A. F. Molengraaff. *Die Reihenfolge und Korrelation der geol. Form. in Südafrika.* Neues Jahrb. f. Min. 1900, Bd. I, S. 113—119. — Derselbe. *Géol. de la Républ. Sud-Africaine.* p. 23. — L. Kessler. *Valuation Plan of the Witwatersrand Goldfields.* London 1902. (Gibt die Situation, Größe, Produktion usw. sämtlicher Gruben). — Derselbe. *The Goldmines of the Witwatersrand and the Determination of their Value.* London 1904. — F. H. Hatch and Geo. S. Corstorphine. *Petrography of the Witwatersrand Conglomerates usw.* Transact. Geol. Soc. S. Africa. Vol. VII, Part III, 1904. — J. Mc Clelland Henderson. *New Facts Bearing on the Extension of the Main Reef Eastward.* Trans. Geol. Soc. S. Africa. 1905, Vol. VIII, p. 151—157. — G. Moreau. *Étude sur l'état actuel des mines du Transvaal.* Paris 1906. — J. W. Gregory. *The origin of the Gold*

nur das allerwichtigste angeben wollen, hat sich darum auch bereits über diesen Gegenstand angehäuft.

Der Witwatersrand bildet den Nordrand des sog. Hoogeveld, die vielfach gebrochene Linie, längs welcher diese wellige Hochfläche steil nach dem viel tiefer liegenden, hügeligen Gelände mit der Landeshauptstadt Pretoria abstürzt. Das unterste Gehänge dieses Absturzes wird von Granit und kristallinen Schiefern, der obere Teil von Tonschiefern und Quarziten der Barbertonserie gebildet, die beide zusammen die südafrikanische Primärformation repräsentieren. Auf diese, wahrscheinlich diskordant, legt sich oben nahe am Plateaurand die Witwatersrandformation auf, die von nicht ganz sicher bestimmbarem Alter ist, von G. A. F. Molengraaff aber vorläufig noch zur Primärformation gezogen wird. Sie besteht aus einer unteren, wesentlich aus Quarziten und eisenhaltigen Schiefern gebildeten Abteilung und einer oberen, die aus Quarziten und Konglomeraten besteht, nur in Gestalt der „Kimberley Reef Shales" auch eine Schieferschicht umschließt. Nach W. zu schieben sich immer mehr Konglomeratbänke im liegenden Horizont der oberen Abteilung ein. Diskordant über diesen unteren Witwatersrand-Schichten erscheinen nach F. W. Voit u. a. die höher folgenden Konglomerate und Quarzite der Du Preez-Serie bei Rietfontein, die Konglomerate auf Langermanns Kopje bei Johannesburg und gewisse Konglomerate bei Klerksdorp und Ventersdorp, endlich auch mächtige Ergüsse von Diabasmandelstein.

Wiederum diskordant folgen jetzt die transgredierenden Schichten der devonischen Kapformation. Diese letztere gliedert sich von unten nach oben in die Blackreefschichten (= dem Tafelbergsandstein), den Malmani Dolomit und die Schiefer und Quarzite des Gatsrandes, auch Pretoria Serie oder Magaliesberg Schichten genannt, zuoberst die Waterberg Schichten, um endlich diskordant von der horizontalen, Steinkohle führenden, oberkarbonen bis permischen Karruformation überdeckt zu werden.

---

in the Rand Banket. Bull. Inst. of Min. and Met. London. Oct. 1907. — R. B. Young. *Notes on the Auriferous Conglomerates of the Witwatersrand.* Trans. Geol. Soc. South Africa. Vol. X, 1907, p. 17—31. — F. W. Voit. *Übersicht über die nutzbaren Lagerstätten Südafrikas.* Z. f. pr. G., 1908, S. 5—38. — *Der Ursprung des Goldes in den Randkonglomeraten.* Monatsber. d. D. G. Ges. Bd. 60, 1908, Nr. 5, S. 107—119, Nr. 7, S. 181—187. — J. Kuntz. *Die Herkunft des Goldes in den Kongl. des Witwatersrandes.* Ebenda. Nr. 7, S. 172—180. — J. W. Gregory. *The origin of the gold of the Rand goldfield.* Econ. Geol. Vol. IV, Nr. 2, 1909, p. 118—127. — Eigene Reiseeindrücke des Verfassers.

Diese Verhältnisse sollen durch das Profil Fig. 243 veranschaulicht werden. Dasselbe zeigt zugleich, wie das Hangende der Witwatersrandformation am Rand von jener 400—700 m mächtigen Decke von Diabasmandelstein gebildet wird, und wie ihre Schichten in Form einer Mulde gelagert sind, deren Südflügel vielfachen Störungen unterlegen ist. Das Ausmaß dieser Synklinale beträgt von W. nach O. etwa 150 km, von N. nach S. dagegen 75 km. Die Grubenaufschlüsse längs des Nordrandes ziehen sich auf eine Entfernung von gegen 70 km hin.

Gemäß ihrer muldenförmigen Lagerung streichen die Schichten mit den Gold führenden Konglomeraten nicht nur am Rand selbst, also in der Gegend von Krügersdorp, Johannesburg und Bocksburg zu Tage aus, wo ihre Mächtigkeit gegen 7500 m beträgt, sondern auch weiter südlich, im Gegenflügel bei Reitzburg, und bei Heidelberg. Die weitab bei Klerksdorp gelegenen Ausstriche gehören dem südwestlichen Teile der Mulde an, diejenigen bei Heidelberg und Nigel dem südöstlichen. Die Mittellinie der ganzen Mulde verläuft beinahe viertelkreisförmig von SW. nach NO. Der Nordflügel der Mulde zeigt fast durchweg am Ausstrich ein sehr steiles Einfallen, nimmt aber mit wachsender Tiefe immer flachere Lagerung an, ein Umstand, der den bergmännischen Aufschlußarbeiten sehr zu statten kam. Bei Bocksburg und a. O. wird der Ausstrich durch die kohlenführenden Karruschichten bedeckt.

Bei Johannesburg, dem Zentrum der südafrikanischen Goldindustrie, kennt man 7 Flötzgruppen von Gold führenden Konglomeraten, zu denen sich noch als 8. das bereits der Kapformation angehörige Blackreef gesellt. Die Zwischenschichten werden hauptsächlich durch quarzitische Sandsteine, seltener auch durch Schiefer gebildet. Unter diesen Gruppen ist die Hauptflötzgruppe die wichtigste, die sich aus dem Nordflötz, Hauptflötz (Main Reef), Hauptflötz-Nebenflötz (Main Reef-Leader), Mittelflötz, Südflötz und Südflötz-Nebenflötz (South Reef-Leader) zusammensetzt. Sie war bereits 1894 auf etwa 80 km Entfernung überfahren worden. Nach oben hin folgen andere Gruppen, unter denen die Bird Reef-, Kimberley Reef- und Elsburg Reef-Gruppe die bekanntesten sind. Nach Süd zu tauchen die Flötze in große Tiefen hinunter, vor denen indessen der Bergbau nicht zurückschreckte. Hinter der Zone der Outcrop Mines konnte sich so eine zweite Reihe der Deep Mines ansetzen, und schon hat man begonnen, trotz der weit höheren Kosten des Abbaus die dritte Zone der Deep Deeps in 1200—1800 m Tiefe aufzuschließen. Freilich steigert sich hier die Unsicherheit der bergmännischen Erfolge, da man hier zunächst auf kostspielige Bohrungen angewiesen ist, die doch immer nur ein recht unvollständiges Bild von

der Ergiebigkeit eines Flötzes geben können.

Die Mächtigkeit der einzelnen Flötze ist sehr verschieden. Sie erreicht im Stallflötz der Du Preez-Grube sogar 30 m. Die mindermächtigen sind die goldreicheren Flötze, wie es als Beispiel das nur wenige Zentimeter mächtige, aber sehr reiche Südflötz der Ferreira-Grube lehrt. Auch schwankt übrigens die Mächtigkeit eines und desselben Flötzes innerhalb weiter Grenzen. Es war darum äußerst schwierig, in den Bohrprofilen in größerer Entfernung vom Ausstrich die einzelnen Flötze zu identifizieren.

In petrographischer Beziehung sind wir über die goldführenden Konglomerate des Randes in neuerer Zeit durch die sehr eingehenden Studien von F. H. Hatch und Geo. S. Corstorphine, sowie besonders auch von R. B. Young genau unterrichtet worden. Die Konglomeratflötze werden dort Banket-Reefs genannt von banket, einem semmelartigen Gebäck, womit man die Gerölle darin verglich. Diese bestehen in ihrer weit überwiegenden Mehrzahl aus Quarz und lichtgefärbtem Quarzit. Nur selten trifft man eckige, nur

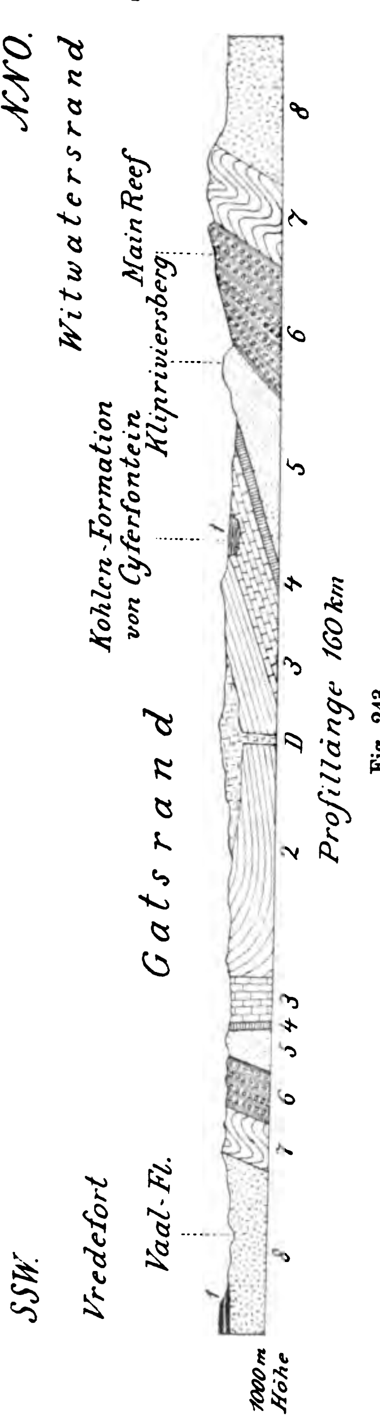


Fig. 243.
Querprofil durch die Witwatersrand-Mulde nach Molengraaff.
1 Karru-Formation (Sandsteine, Schiefer, Kohlen), *2* Pretoria-Schichten (Schiefer, Sandsteine, Quarzite, Diabase), *3* Malmani-Dolomit, *4* Black-Reef-Schichten (Sandsteine, goldführ. Kongl., Arkosen, Schiefer), *5* Klipriviersberg Mandelstein, *6* Witwatersrand-Konglomerate, *7* Hospital Hill- (Barberton-) Schiefer, *8* Alter Granit, *D* Diabas.

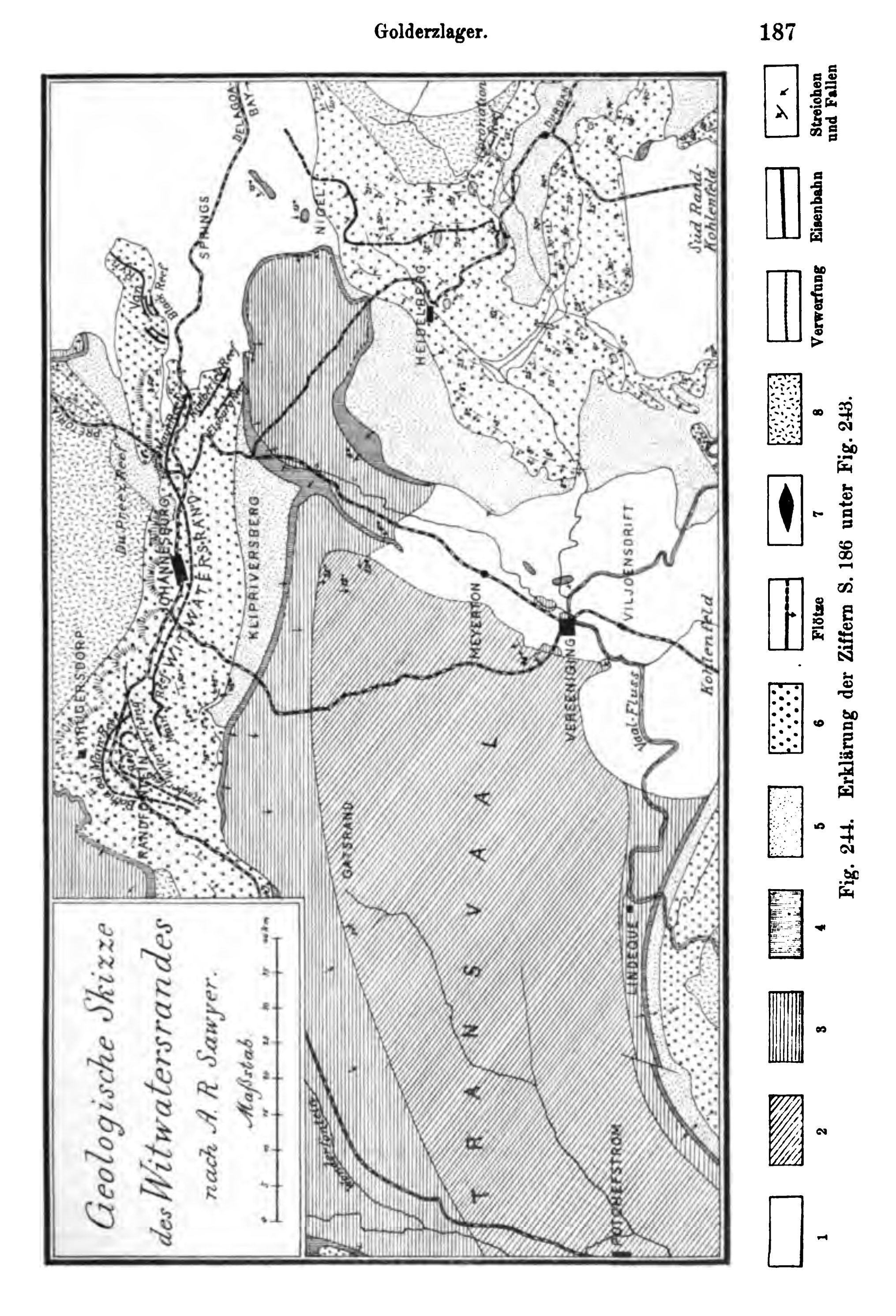


Fig. 244. Erklärung der Ziffern S. 186 unter Fig. 243.

kantengerundete Fragmente von gebändertem Jaspis und Kieselschiefer. Ganz vereinzelt fand Young solche von Quarz-Turmalinfels. Die Gerölle sind meist haselnuß- bis hühnereigroß, selten messen sie bis

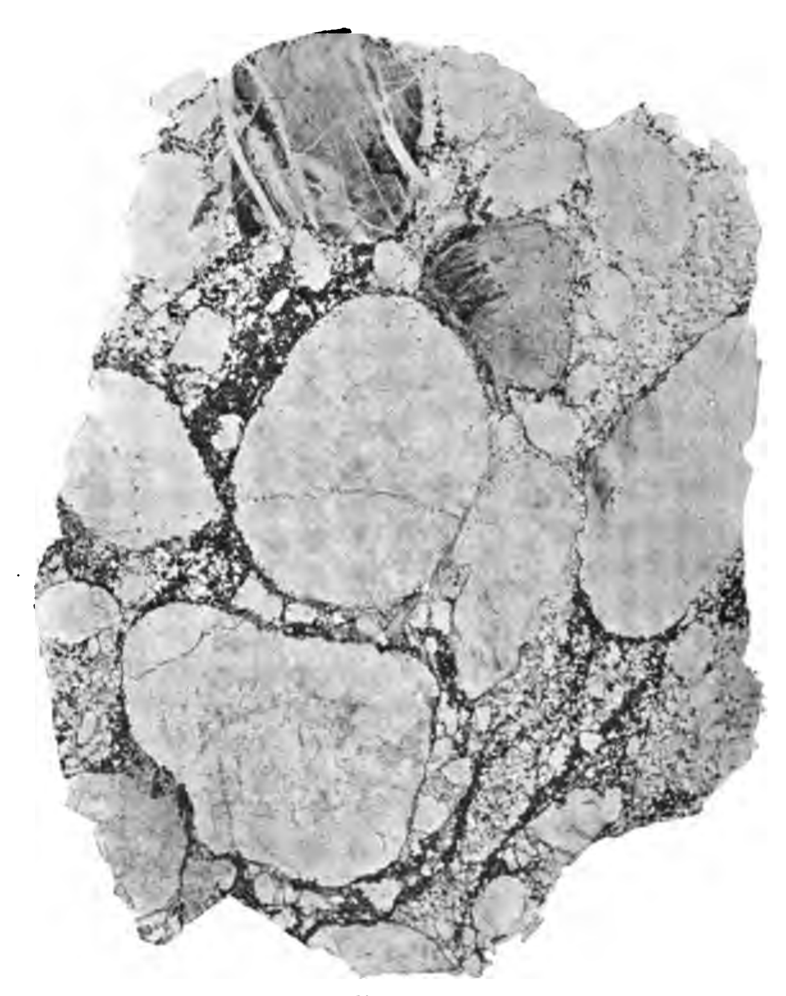


Fig. 245.

Ein Stück Konglomerat vom Main Reef-Leader der Crown Reef Gold Mining Comp.
Bei durchfallendem Licht als Dünnschliff photographiert, zeigt die Verteilung des dunkel erscheinenden, mit Gold verwachsenen Eisenkieses. Vergr. 5/4.

10 cm und darüber. Sie gleichen in ihrer ursprünglichen, gerundeten Form den Geröllen am Meeresstrand, sind aber durch spätere Pressung oft sichtlich deformiert, stark abgeplattet oder ganz wunderlich verzogen oder zerborsten. Das Bindemittel besteht hauptsächlich aus Quarz

und Pyrit mit den eingestreuten Goldpartikeln. Auch hierin zeigen sich in der häufigen Zersplitterung der Quarzkörnchen starke Druckwirkungen.

Der primäre Quarz des Zementes ist oft schwer von dem sekundären zu unterscheiden, der sich häufig in gleicher optischer Orientierung an den ersteren angesetzt hat. Der sekundäre Quarz setzt gewöhnlich eine sehr feinkörnige Mosaik zusammen, worin Schüppchen von Serizit, Chlorit oder Talk eingestreut sind. In der Randzone von Pyritknollen findet sich auch höchst feinstengeliger Quarz. Oft ist grobkörniger Quarz durch Chalzedon verdrängt worden. Seinerseits verdrängte er bisweilen — alles im mikroskopischen Maßstab — Chloritoid.

Der Pyrit kommt in sehr unregelmäßiger Verteilung vor, wie aus dem photographischen Bild eines Dünnschliffes (Fig. 245, S. 188) hervorgeht. Häufig bildet er um die Gerölle herum eine ziemlich zusammenhängende Kruste. Manchmal ist er auch in zarten Lagen angeordnet, die der Schichtung parallel verlaufen. Im allgemeinen lassen sich zwei Generationen von Pyrit erkennen, eine während des eigentlichen Zementationsprozesses, eine nach demselben gebildet, beider Ausscheidung aber erfolgte nach der Sedimentation des Gesteins. Der Pyrit der ersten Generation bildet vorwiegend rundliche Körnchen, selten auch Würfel, noch seltener Pentagondodekaeder. Der Pyrit der zweiten Generation findet sich gewöhnlich als Verdrängung von Quarz, und zwar gern dort, wo zugleich Chloritoid oder Quarz nach Chloritoid zugegen sind. Er bildet kleine Konkretionen von körnig-kristalliner Struktur, oft mit Einschlüssen von Quarz, von faseriger Kieselsäure oder von idiomorphem Chloritoid, so z. B. im Battery Reef-Leader der Lancaster West Mine. Außerdem sind größere radialstrahlige Konkretionen von Pyrit und wohl auch von Markasit bekannt, die man früher für gerollte Pyrite gehalten hatte. Es sind dies die sog. Buckshot-Pyrites. Auch sie umschließen zuweilen Chloritoid. Nur selten vertritt den Pyrit Magnetkies, weniger häufig in den Bankets selbst, als in dem goldführenden Pyrit-Quarzit von Meyer and Charlton Mine. Im Bindemittel dürfte der Pyrit 3—5 % der Gesamtmasse einnehmen.

Wie der Pyrit ist auch das Gold in zwei Generationen vorhanden, im eigentlichen Zement, und lokal angereichert, wie in der Peripherie der Pyritknollen. Das Gold im Zement erscheint, wie zuerst M. Koch (bei Schmeisser) nachgewiesen haben dürfte, niemals in geglätteten Körnchen oder Scheibchen, wie beim Schwemmgold, sondern in mikroskopisch kleinen Kriställchen und kristallinen, höckerig-zackigen Aggregaten, die oft sogar winzige, trumartige Ausläufer entsenden. Es ist

vorwiegend, wenn auch nicht ausschließlich, an Pressungszonen gebunden und sitzt dann zugleich mit sekundär gebildetem Quarz zwischen der Mosaik zerdrückter Quarzfragmente. Die Goldaggregate sind meist mit Pyrit innig verwachsen, so zwar, daß häufig das Gold einen Kern von Pyrit umkrustet, oder so, daß mehrere Pyritfragmente durch Gold verkittet werden. Größere Körner von Gold der zweiten Generation trifft man oft dort, wo Pyrit Quarz verdrängt hat. Immer nur sitzt das Gold im Bindemittel. Die seltenen Fälle, in denen man das edle Metall auch innerhalb von Geröllen fand, werden so gedeutet, daß hier Gold auf sekundären Berstungsrissen eingewandert ist. Dahingegen kommt goldfreier Pyrit sicher innerhalb der Gerölle vor.

Außer Quarz, Pyrit und Gold verdienen auch noch andere, seltenere Bestandteile des Zementes hervorgehoben zu werden. Als klastische Elemente sind zunächst Rutil, Zirkon, Korund und Turmalin zu nennen, alle sehr selten. Über ein seltsames Vorkommen berichtet Gardner F. Williams: In den Pochtrögen beim Pochen von goldführenden Konglomeraten der Klerksdorper Gruben fanden sich einige grüne Diamanten[1]). Während der Zementation gebildet sind Serizit, Talk, Chlorit und Chloritoid. Das letztgenannte Mineral scheint auf den Pyrit eine wahre Anziehung ausgeübt zu haben, denn er bevorzugt seine Gesellschaft. Ein Teil des Chloritoids ist anscheinend zu Chlorit und Serizit umgewandelt, ein anderer sicher durch Quarz verdrängt. Seine grünen, plattig entwickelten, oft rosettenartig zusammengehäuften Kriställchen mit ihrem auffälligen Pleochroismus sind für die Randkonglomerate sehr charakteristisch. Vielfach ist dem Zement auch ein fein verteiltes kohliges Pigment beigemengt. In der Rietfontein Grube zieht nach Hatch und Corstorphine am Hangenden des Hanging Wall-Leader des Buckshot-Reef eine an kohligen Bestandteilen besonders reiche Lage hin. Sie zeichnet sich zugleich durch einen sehr hohen Gehalt an Freigold aus, das die schwarzen Kohleflöckchen förmlich inkrustiert[2]).

Als seltener metallischer Begleiter von Pyrit und Gold war Magnetkies schon genannt. Hier und da findet sich auch spärlich eingesprengt Kupferkies, Bleiglanz, Zinkblende und Antimonglanz. Young entdeckte zu Rietfontein auch 0,3 mm große Kriställchen eines bronzegelben Tellur-Golderzes, und S. Ryan hatte ein graues Tellurid kon-

---

[1]) Gardner F. Williams. *The Diamond Mines of South Afrika.* New York 1902, p. 523.

[2]) Es mag daran erinnert sein, daß nach J. Loevy, F. W. Voit u. A. auch die Karru-Kohle des nahen Bocksburg bis 0,36 g Gold p. t enthält.

statiert. Die spärlichen und sehr winzigen Körnchen und sechsseitigen Täfelchen von Osmiridium aus dem Du Preez-Flötz zu Rietfontein sind nach Young eingeschwemmt.

Der durchschnittliche Goldgehalt aller 1892—93 abgebauten Flötzteile des Rands betrug nach Schmeisser 23 g p. t. Seitdem ist er sehr stark herabgegangen, da man jetzt auch die ärmeren Teile der Flötze mit gewinnt. Für 1906 wird er von P. Krusch zu ca. 12,4 g p. t = ca. 8 dwts = 34,68 s. berechnet.

Je gröber die Geschiebe sind, desto reicher pflegt im allgemeinen ihr Zement zu sein.

Das Verhalten des Goldes bei der weiteren Bearbeitung der Erze gibt übrigens Aufschluß über seine mikroskopischen Verbandsverhältnisse mit dem Pyrit. Nach Krause werden von dem Goldgehalt nur etwa 64 % auf den Amalgamationsplatten gewonnen, weitere 18 % erst durch das Cyanidverfahren, während 18 % in den Rückständen (Tailings) verbleiben. Schon hieraus kann auf eine sehr intime Verwachsung des Goldes mit dem Pyrit geschlossen werden, wie wir sie durch die Mikroskopie bestätigt sahen.

Über die höchst feine mechanische Verbindung zwischen Pyrit und Gold in den Konglomeraten geben auch die Erfahrungen der letzten Zeit beim Amalgamieren sehr feiner Pochmehle Auskunft. Nach W. A. Caldecott[1]) sind hierbei folgende Ergebnisse festgestellt:

Zahl von Löchern pro □ inch des Austragsiebs im Pochwerk	do. pro Linear cm	Ausbringen von Au in Proz.
600	9,64	54,63
900	11,81	57,21
1200	13,62	62,37
8100	35,43	90,00

Mit bloßem Auge wahrnehmbar ist das Gold gewöhnlich nur in den geröteten Partien der Flötze in den oberen Teufen, wo der Pyrit zu Rot- und Brauneisenerz zersetzt ist. Schon zwischen 30—40 m Seigerteufe beginnen die Sulfide sich einzustellen. Von 40 m ab nimmt zugleich die Festigkeit der Konglomerate mehr und mehr zu, bis etwa in 60 m Teufe der eigentliche, sehr feste „blue rock“ zur Herrschaft gelangt.

[1]) W. A. Caldecott. *The finer crushing of Banket Ore.* Trans. of the Inst. of Min. and Met. 1904/1905, p. 48—61.

Die Verteilung des Goldes in den einzelnen Flötzen zunächst in horizontaler Erstreckung ist durchaus keine gleichmäßige, wie aus folgender, dem Werke von L. de Launay entnommener Tabelle hervorgeht:

Der wechselnde mittlere Goldgehalt in verschiedenen Sohlen der Grube Ferreira.

Südflötz			Main Reef-Leader		
Sohle	Mittlere Mächtigkeit in cm	Mittlerer Gehalt in g pro t	Sohle	Mittlere Mächtigkeit in cm	Mittlerer Gehalt in g pro t
1	60	46	1	14	97
2	40	99	2	25	35
3	28	128	3	16	171
4	43	104	4	40	34
5	33	179	5	40	54
6	84	187	6	38	65
7	63	97	7	10	107
8	84	146	8	34	44
9	52	129	9	34	45
10	48	290			
11	28	170			

Was das Aushalten des Goldgehaltes in größerer Tiefe anlangt, so galt um 1906 in Johannesburg die Regel, daß im ganzen und großen eine Verarmung nicht zu verkennen sei. Man nahm gewöhnlich eine solche von 1 g p. t auf 150 m weitere Tiefe an. Doch haben die Tiefbaue gezeigt, daß auch in bedeutenden Tiefen noch recht ansehnliche Goldgehalte vorhanden sein können. Großes Aufsehen erregte es, als man im März 1906 auf Cinderella Deep in 1200 m Tiefe ein 1,8 m mächtiges Konglomeratflötz aufschloß, das im Schacht einen mittleren Gehalt von 43 g p. t hielt. Auch die neuesten Abbaue, die man bei Jupiter Co. in bereits 1260 m Tiefe eingeleitet hat, waren von Erfolg. Der tiefste Schacht ist zurzeit derjenige von Simmer West Ltd. von 1350 m.

Im Streichen haben sich auch sonst reiche Flötze oft sehr unzuverlässig erwiesen. Nicht selten ist man in bauwürdigen Reefs im gleichen Streichen auf größere Flächen gestoßen, die sich im praktischen Sinne als taub erwiesen.

Auch im Querprofil ein und desselben Flötzes tritt der Goldgehalt nicht gleichmäßig auf, die meisten Reefs sind vielmehr an ihrer Liegendgrenze am reichsten, so daß man vielfach bei der Probeentnahme etwas von dem liegenden Quarzit mitnimmt, um von dieser reichen Zone nichts einzubüßen (J. W. Gregory).

Die quarzitischen Sandsteine, die mit den Konglomeraten des Rands wechsellagern, enthalten fast nie Gold in nennenswerter Menge, meist nur Spuren, diese allerdings zuweilen in großer vertikaler Ausdehnung. Nach F. W. Voit soll ein minimaler Goldgehalt unter 1,5 g p. t in Sandsteinbohrkernen auf Längen von Hunderten von Fuß konstatiert worden sein. Eine Ausnahme macht z. B. das reiche Flötz von Rietfontein, das einen wenigstens nur sehr geröllarmen Sandstein darstellt und ein Flötz von der Buffelsdoorn-Grube, das fast gar keine Gerölle und doch reichlich Gold enthält. Übrigens führen umgekehrt durchaus nicht alle Konglomeratbänke einen zahlbaren Goldgehalt.

Stellenweise ist im Liegenden des Main Reef im angrenzenden quarzitischen Sandstein ein Band von goldreichem, derbem Pyrit entwickelt. Besonders das Pyritic Band, das in einer durchschnittlich 1,5 m mächtigen Schicht im Liegenden des Main Reef von Cinderella Deep und mehreren anderen Gruben des Zentral- und Ost-Randes bekannt ist, hat Beachtung gefunden und wurde von F. W. Voit als Argument für die Präzipitationstheorie verwertet. Diese goldhaltige Schicht zeigt vielfachen Wechsel zwischen zarten, der Schichtung parallelen Lagen von Pyrit und von Chloritoid-Quarzit. Da sich der Pyrit deutlich jünger erweist als der selbst durch Regionalmetamorphose entstandene Chloritoid, so kann das Vorkommen keineswegs für jene Theorie beweisend sein. Man kann dies leicht an Dünnschliffbildern chloritoidreicher Partien der Konglomerate zeigen. Solche lassen nämlich erkennen, daß ein Teil des Chloritoides bereits wieder durch Pyrit verdrängt worden ist.

Als ein besonderes Vorkommnis hat man im Klerksdorpgoldfeld zwischen den dortigen Konglomeraten eine 0,5 cm starke Schicht von bituminösem Quarzit mit einem bedeutenden Schwefelarsengehalt und dem außerordentlich großen Goldreichtum von 1,5 kg p. t angetroffen.

Eine Ausnahmestellung nimmt endlich auch das Black Reef genannte Flötz ganz nahe an der Basis der Kapformation ein. Es hat zum Hangenden den Dolomit, zum Liegenden ein zersetztes, Turmalin führendes Eruptivgestein und besteht aus eckigen Quarzfragmenten, die ein aus rundlichen Pyritkörnern gebildetes Zement zusammenhält. Nach F. W. Voit hätte sich der Goldgehalt des Black Reef-Horizontes auf Queens Battery westlich Krügersdorp auf ein Schieferband im Liegenden beschränkt, das vom Konglomerat durch eine Quarzitschicht getrennt ist.

Große Bedeutung für die Geologie und die bergmännische Praxis des Rands haben die massenhaften Verwerfungen, die durch die Konglomerate setzen. Ihre Klüfte sind häufig von Diabasen ausgefüllt

worden, die überhaupt im Randgebiet in großer Häufigkeit zum Durchbruch gelangten. Durch das Dazwischentreten dieser zuweilen 30—40 m mächtigen, „Dykes“ genannten Gesteinsgänge haben manche Grubenfelder große Einbuße erfahren. Diese Diabase haben zum Teil eine Dynamometamorphose erlitten. Sie sind zu Hornblendegesteinen geworden. Bei dickeren Dykes erstreckt sich diese Umwandlung zuweilen nur auf die Randpartien (Gregory).

Die Verwerfungen streichen teils parallel der Fallrichtung der Flötze, wie z. B. die große Verwerfung von Bocksburg, teils sind sie streichende Verwerfungen, bei denen sehr häufig im Gegensatz zu der sonst herrschenden Regel der im Liegenden der Spalte befindliche Teil abgesunken ist (vergl. das Profil der Grube May Consolidated bei Johannesburg in I. S. 219, Fig. 117).

Infolge derartiger Überschiebungen ist ein und dasselbe Flötz mitunter zweimal zum Ausstrich gelangt, so das Main Reef im Grubenfelde der Witwatersrand Comp. mit einem Abstand der beiden Teile von 120 m.

Eine Verarmung der Flötze in der Nähe der Diabasgänge ist nicht nachweisbar. Im Gegenteil hat man auf Rose-Deep, Bonanza und anderen Werken unmittelbar an solchen Eruptivmassen erstaunlich reiche Mittel angetroffen mit einem Goldgehalt bis zu 3 kg pro t. So baute man auch auf der Grube Ferreira in einem Flötzteil, der zwischen einem zersetzten Eruptivgang und einer Verwerfungsspalte eingekeilt war, außergewöhnlich reiche Erze ab. Von Interesse ist auch die Goldanreicherung am Worcester Dyke. Dieser Diabasgang folgt dem dort 0,9 m mächtigen Main Reef längs der Hangendgrenze, durchsetzt es sodann und bildet die Liegendgrenze. Im ersteren Falle ist das Flötz auch längs des Hangenden, im letzteren längs des Liegenden am reichsten. In anderen Fällen war freilich der Goldgehalt der Flötze ganz unabhängig von der Nähe eines solchen Ganges.

Eine Folge dynamischer Vorgänge sind auch die Ausscheidungen von sekundärem, gewöhnlich milchweißem Quarz, die zuweilen in ganzen Nestern, manchmal auch in quer durch ein Konglomeratflötz hindurch setzenden kurzen Gängen auftreten. Diese Ausfüllungen von Berstungsrissen führen mitunter in ihrem Quarz etwas Eisenkies, Kupferkies, Bleiglanz, Blende und zuweilen auch Gold.

Viel besprochen wurde eine Auswaschungsrinne („spruit“ oder „wash out“), die man mit einer streichenden Strecke in May Cons. M. anfuhr. Das Reef war hier scheinbar durch strudelnde Gewässer weggewaschen (?). In der Tiefe der Rinne aber fanden sich eingebettet in

Quarzit Fragmente desselben mit Goldgehalt. Nach den Angaben von J. Kuntz ist es indessen gar nicht ausgeschlossen, daß diese Erscheinung durch Annahme einer Dislokation oder Zerrüttungslinie erklärt werden muß (mündl. Mitteilung). Auch im Battery Reef der Lancaster Grube hat J. Kuntz einen solchen „wash out“ gesehen. Er hält es für wahrscheinlich, daß das ganze Ausfüllungsmaterial solcher Rillen goldhaltig ist, weil durch genügende Porosität eine Zuführung möglich war.

Sehr merkwürdig ist eine von J. Kuntz und R. B. Young beschriebene Metamorphose, die das Main Reef auf Mayer and Charlton unmittelbar in der Nachbarschaft einer mit Kalkspat erfüllten Kluft erlitten hat; sowohl Bindemittel, wie auch die Quarzgerölle sind durch Kalzit ersetzt. Nur der Pyrit blieb verschont.

In anderen Fällen kam es zwar zu keiner derartigen Verdrängung, wohl aber zu einer Ätzung. So ist nach Young in der Robinson Deep Mine der Quarz der Gerölle und des Zementes an einer Stelle stark porös gemacht worden, während der Pyrit verschont blieb.

Die erste Goldgewinnung am Witwatersrand durch Fred Struben im Jahre 1885 fand auf einem Goldquarzgang statt. Aber schon 1886 nahm derselbe Unternehmer vom ersten Konglomeratflötz Besitz und zwar auf Vogelstruisfontein, daher der Name „Bird Reef“. Bald darauf legte er auch Mutung auf dem von Walker entdeckten Main Reef ein. 1886 wurde die Gegend von der Regierung zum öffentlichen Goldfeld erklärt. Rasch erhob sich die Stadt Johannesburg. Die bereits 1887 erfolgte Entdeckung von Steinkohlen bei Bocksburg begünstigte die schnelle Entwicklung des Goldbergbaues. Schon 1893 waren dort 70 Bergwerke im Betrieb mit einer Gesamtförderung von 2009601 t Konglomerat und einem Reinertrag von 45980 kg Gold. Kurz vor dem Kriege 1899—1900 zählte Johannesburg 70000 Einwohner, und fast 100 Gewerkschaften arbeiteten am Rand, davon 55 mit gutem Erfolg. Die wichtigsten sind Robinson, die zeitweilig allein ein Zehntel des gesamten Goldertrages lieferte, Langlaagte, Crownreef, Jumpers, Simmer & Jack, in neuester Zeit die zweitreichste Goldgrube der Welt, Roodeport, Mayer & Charlton, May Cons., Ferreira, Geldenhuis, New Primrose, Nigel, Jubilee, Salisbury, Worcester. Im Jahre 1907 hatte die Produktion die Höhe von 6220227 ozs oder 193448,95 kg erreicht.

Vom Mai 1887 bis Dezember 1907 betrug nach der Statistik im XVIII Ann. Rep. of the Transvaal Chamber of Mines for the year 1907 die gesamte Goldproduktion des Witwatersrandes 44003247 ozs oder 1368500,98 kg Feingold im Werte von 3738278140 M.

Die Genesis der Gold führenden Konglomerate des Witwatersrands.

Über die Entstehung dieser großartigen Golderzlagerstätten gehen die Ansichten noch immer weit auseinander. Im wesentlichen hat man vier Hypothesen aufgestellt, die hier einer kurzen Diskussion unterworfen werden sollen.

a) Die Hypothese von der rein mechanischen Zuführung des Goldes in seinem jetzigen Zustand.

Darnach wären die Konglomerate „fossile“ fluviatile Seifen, d. h. ehemals lockere, jetzt verfestigte Geröll- und Grandablagerungen, deren Goldteilchen rein mechanisch herzu geschwemmt wurden. Diese Annahme wird sofort durch die angeführte mikroskopische Beschaffenheit des Goldes in den Konglomeraten widerlegt. Die Goldpartikel haben durchaus keine Ähnlichkeit mit mechanisch transportiertem Seifengold. Auch ihre Verteilung innerhalb der Flötze ist nicht die in Seifen übliche. Übrigens sind die Konglomerate trotz ihres verhältnismäßig geringen Gehaltes immer noch goldreicher als Seifen zu sein pflegen. Endlich spricht gegen fluviatile Entstehung das Fehlen des Goldes im Innern des Quarzes der Gerölle, und die Tatsache, daß Nuggets, wie man sie gelegentlich in Seifen findet, in den Bankets niemals vorgekommen sind.

b) Die Hypothese von der rein chemischen Ausscheidung des Goldes und des Pyrites im Meere.

Nach dieser, besonders von Penning (1888), J. P. Hamilton, De Launay, Stelzner, F. W. Voit u. A. verfochtenen Präzipitationstheorie, wie man sie kurz nennen kann, hat sich das Gold gleichzeitig mit dem Absatz der Gerölle in einem der Küste nahen Meeresteile rein chemisch aus dem Wasser niedergeschlagen. Dies erscheint unwahrscheinlich, 1. weil in einem unruhigen Wasser der litoralen Zone, wo Gerölle transportiert und abgesetzt werden konnten, eine solche Ausscheidung schwer denkbar ist, 2. weil dieselbe doch mindestens ebenso während der Ablagerung des die Quarzitbänke liefernden Sandes sich hätte vollziehen müssen, 3. weil der äußerst geringe, von Liversidge u. A. nachgewiesene Goldgehalt der heutigen Meere hierzu nicht ausreicht, und Gold zuführende Mineralquellen zu Hilfe genommen werden müssen, es aber ferner sehr unwahrscheinlich ist, daß diese Quellen jedesmal bei der Ablagerung von Sandschichten versiegt sein sollten, um wieder hervor zu brechen, wenn Geröllmassen herzu geführt wurden. Bei dem sehr großen Abstand zwischen dem Main Reef und dem Black Reef müßten diese hypothetischen Quellen durch einen sehr langen Zeitraum hindurch in dieser so merkwürdig intermittierenden Weise geflossen sein.

Neuerdings ist durch die Versuche von J. R. Don[1]) die Möglichkeit

---

[1]) J. R. Don. *The Genesis of Certain Auriferous Lodes.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., 27. Bd., 1898, p. 564—668.

einer Ausscheidung des so äußerst geringen Goldgehaltes im Meerwasser überhaupt sehr in Frage gestellt worden. Es gelang ihm bei seinen Experimenten auf keinerlei Weise, durch in der Natur vorkommende Reagentien eine Ausfällung von Gold aus Meerwasser zu ermöglichen. Immerhin mag erwähnt sein, daß neuerdings die Anhänger dieser Theorie die Ausfällung sich durch die Anwesenheit von fein verteilter organischer Substanz zu erklären versuchen. Die starke Bewegung des Wassers bei Bildung der Konglomeratbänke halten sie sogar für ein günstiges Moment hierbei (F. W. Voit). Diese organische Substanz ist aber durchaus nicht allgemein verbreitet.

c) Die Hypothese von der nachträglichen chemischen Umlagerung des Goldes als ehemaligen Seifengoldes.

Diese Ansicht wurde bereits von E. Cohen aufgestellt und von F. Pošepny zur seinen gemacht, am eingehendsten wohl von G. F. Becker zu beweisen versucht. Der letztgenannte verglich die Konglomerate mit den marinen Seifen aus der Jetztzeit an den Küsten von Kalifornien, Oregon und Alaska, deren Material unzweifelhaft von zerstörten Goldquarzgängen stamme. Auch in solchen rezenten, marinen Seifen treffe man nur selten Gold in den Geröllen selbst, auch in solchen fände sich Gold in offenbar umkristallisiertem Zustand, und seine Verteilung sei hier im Gegensatz zu den fluviatilen Seifen in der ganzen Mächtigkeit annähernd eine gleiche, auch hier endlich seien Goldklumpen abwesend. Die Umkristallisierung des Goldes und eines Teiles des Pyrites, wie er sie für den Rand in ausgedehntem Maße zugibt, bringt er in Zusammenhang mit der Eruption der Diabase. Diese Theorie hat gewiß viel Bestechendes, aber einen gewichtigen Einwand vermag sie nicht zu widerlegen, daß nämlich, wenn sie richtig wäre, das Gold in den quarzitischen Sandsteinbänken erst recht vorhanden sein müsse, denn das Material rezenter Meeresseifen pflegt vorwiegend sandig zu sein. In neuester Zeit hat J. W. Gregory[1]) die Theorie daher in etwas veränderter Gestalt vorgetragen. Er sucht die goldführenden Konglomerate als Strandgebilde zu erklären, die lange Zeit hindurch von der Brandung überspült worden sind und so die winzigen Goldkörnchen in ihren Zwischenräumen zurückhalten konnten, während der leichte Sand und Schlamm immer wieder fortgeschwemmt wurde. Ursprünglich seien oxydische Eisenerzkörner im Geröll vorhanden gewesen, später aber in

---

[1]) Sehr wertvoll ist die sehr eingehende Diskussion im Anschluß an den Vortrag J. W. Gregorys in der Instit. of Min. and Met. London, Oct. 17th 1907.

Pyrit umgewandelt worden. Warum fehlt aber auch Ilmenit, der für die Konzentrate aus marinen Seifen so charakteristisch ist?

d) Die Hypothese von der nachträglichen Zuführung des Goldes in die Konglomerate.

Die sehr beachtenswerte Ansicht, die man recht bezeichnend auch die Theorie von der „nachträglichen Mineralisierung und Befruchtung" der Konglomerate genannt hat, ist besonders von E. Dorsey, A. R. Sawyer, Gardner F. Williams, J. S. Curtis, J. Kuntz, K. von Kraatz, P. Krause, J. Hays Hammond, F. H. Hatch und G. S. Corstorphine und R. B. Young verteidigt worden. Sie kann als die um die Jahrhundertwende in den Kreisen der Johannesburger Bergingenieure herrschende Vorstellung bezeichnet werden. Man bringt das hiernach angenommene spätere Eindringen von goldhaltigen Lösungen gewöhnlich in Zusammenhang mit der Eruption der Diabase. Der Pyrit wurde bei dieser Hypothese gewöhnlich als primär angesehen und zugleich als ein Fällungsmittel des Goldes betrachtet, wie denn eine Ausfällung von Gold aus sehr verdünnten Chlorgold-Chlornatriumlösungen durch Pyrit tatsächlich durch Johansson und Liversidge experimentell bestätigt worden war; oder wenigstens der Absatz des Pyrites wird etwas früher datiert, als der des Goldes. Freilich läßt sich keineswegs nachweisen, daß die Menge des Goldes derjenigen des Pyrites proportional ist. Es gibt sogar pyritreiche Flötze ohne Gold. Daher haben Hatch und Corstorphine als vermutliches Fällungsmittel neuerdings organische Substanzen vermutet, die tatsächlich in den Konglomeraten sich finden. Wir erwähnten bereits, daß sie indessen nicht allgemein vorhanden seien. Für die Infiltrationstheorie spricht auch die ungleiche Verteilung des Goldgehaltes innerhalb der Konglomeratflötze und die gelegentliche Anreicherung desselben gerade in der Nähe von Eruptivmassen. Endlich dient ihr zur Stütze die Tatsache, daß anderwärts im Transvaal, im Lydenburger Distrikt, ganz zweifellos fertige Sedimente, hier Dolomite des Malmani-Horizontes, durch Lösungen, die Quarz und Gold zugleich mit Kupfererzen absetzten, mineralisiert worden sind. Auch die Beobachtung, daß in einem viel höheren geologischen Niveau, beim Black Reef, die Goldführung eines Konglomerates sich noch einmal wiederholt, im allgemeinen also der Mangel einer Niveaubeständigkeit der Lagerstätten dieser Art, ist der Hypothese günstig. Es soll freilich auch der Haupteinwand gegen diese Theorie nicht verschwiegen werden, daß nämlich immerhin nur einzelne Schichten, nicht einmal alle Konglomeratflötze, sich mit Gold imprägniert zeigen, daß also keine gleich-

mäßigen Imprägnationszonen längs Verwerfungsspalten oder Eruptivgängen durch alle Schichten des Witwatersrands hindurchgehen. Demgegenüber ist jedoch auf die von Haus aus sehr ungleiche Durchlässigkeit solcher Gesteinsschichten hinzuweisen. So scheint das Zement der als ärmer bekannten Flötze, wie des Main Reef, Elsburg, Bird und Kimberley Reef, durch reichlichere Zumengung von feinstem Quarzsand eine größere Dichte erhalten zu haben, als die anderen reicheren Bänke.

Wenn wir jetzt anscheinend gut durchlässige Schichten, wie z. B. das brekzienartige Bastard Reef unter dem Main Reef Leader der New Goch Mine (J. W. Gregory) goldarm oder goldfrei finden, so ist das gewiß auffällig. Doch ist die Frage, ob diese Beschaffenheit nicht erst durch spätere Auslaugung eines Bindemittels erworben wurde.

Ein vielfach gegen die Infiltrationstheorie vorgebrachter Einwand ist die Meinung, daß Zufuhrkanäle abwesend seien. J. Kuntz hat indessen (1908) darauf hingewiesen, daß z. B. südlich von Greys Mynpacht am westlichen Rand goldführende Quarzgänge früher ausgebeutet worden sind, und daß wahrscheinlich solche arme Gänge noch mehrfach vorgekommen, aber wenig beachtet worden sind. Auch ein goldführender Diabasgang mit bis zu 12 g Au p. t ist diesem Autor in „Mayer and Charlton“ und „City and Suburban“ bekannt. Ebenso berichtete er von einem Diabasgang, der auf Ferreira eine Apophyse in die von ihm durchschnittenen Konglomerate hinein gesandt hat. Diese Abzweigung war voll von sichtbarem Freigold und auch das South Reef war unmittelbar am Kontakt enorm reich (über 6000 g p. t). Die Diabasmasse hatte zum Teil die Zwischenräume zwischen den Geröllen eingenommen.

Viel zahlreicher sind nach J. Kuntz Beispiele, daß an sich goldfreie Diabasgänge oder Klüfte einen sichtlich veredelnden Einfluß auf die beiderseits angrenzenden Konglomerate ausgeübt haben. Eine solche Anreicherung kennt man z. B. an einem Diabasgang in „Princess Estate“ und an der Verwerfungskluft in der „Birdsreef-Gruppe“ der „Van Ryn“ und „Chimes M.“ Im letzteren Falle erstreckte sich die Veredlung beiderseitig auf etwa 200 m.

Das wichtigste Argument für die Infiltrationstheorie ist jedenfalls die Abhängigkeit zwischen dem Goldgehalt der Konglomerate und ihrem Neigungswinkel, wie sie neuerdings durch einen langjährigen Praktiker vom Rand, J. Kuntz, bestätigt worden ist. Je steiler die Konglomerate einfallen, desto stärker sind sie aufgepreßt, desto klüftiger auch sind sie geworden. Daher rührt ihr größerer Goldreichtum gegenüber den wenig oder gar nicht aufgerichteten unversehrten Bänken. „Man vergleiche“, schreibt J. Kuntz (1908), „den Goldgehalt in den mit Bezug auf die

Tiefe der Lagerstätte untereinander liegenden Gruben Ferreira, Ferreira Deep, Robinson Deep und Turfmines am Zentralrand, Champ d'or, French Rand und Tudor am Westrand oder der verschiedenen „Knights"-Gruben am Ostrand, oder den Goldgehalt der Tiefbaugruben mit den Probierresultaten aus den tiefsten Bohrlöchern, und man wird finden, wie deutlich diese Erscheinung auftritt". Je tiefer die Flötze liegen, desto flacher und ungestörter lagern sie bekanntlich. Daß diese Regel nicht ohne Ausnahmen ist, zeigen die von F. Voit aus den Keßlerschen Tabellen angezogenen Fälle.

2. Die Konglomerate des Tarkwa-Goldfeldes in Westafrika.

Über diese Golderzlagerstätten sind wir durch A. R. Sawyer[1]), S. J. Truscott und E. R. Schoch unterrichtet worden. Das Gestein untersuchten wir an reichlichem Material.

Die Konglomerate des Wassau-Distriktes in Westafrika zwischen den Flüssen Ancobra und Prah bilden eine im Mittel 0,6 m mächtige Einlagerung zwischen Quarziten und quarzitischen Sandsteinen von wahrscheinlich altpaläozischem Alter. Sie streichen nach N. 40 ° O. und fallen unter Winkeln zwischen 20—80 ° nach NW. Ihre Gerölle bestehen aus lichtgrauem oder milchweißem Quarz, mitunter auch aus einem zersetzten Feldspatgestein. Sie erreichen Apfelgröße. Im Zement fanden wir neben vielen Quarzkörnchen Muskovit (Serizit), Chlorit und einen dem Chloritoid nahe stehenden Sprödglimmer, sodann viel Ilmenit und Magnetit, letzteren z. T. mit Hämatitkruste, sehr spärlich Zirkon in sichtlich gerollten Kriställchen, Turmalin, Korund und Freigold. Auch die häufig beigemengten Bröckchen von Phyllit führen Chloritoid. Ilmenit und Magnetit waren etwa zu gleichen Hälften in den Proben enthalten. Das Gestein ist immerhin zu magnetitarm, um auf die Magnetnadel einzuwirken.

Die Gerölle sind oft von einer dünnen Serizitschicht überzogen und zeigen häufig Deformationen und Berstung. Das Gold findet sich immer zusammen mit dem von Ilmenit und Magnetit oder Hämatit dunkel pigmentierten Teil des Zements, dessen Verteilung eine recht unregelmäßige ist. Am reichlichsten stellt sich dieser schwarze Sand dort ein, wo die „reefs" genannten Konglomeratbänke am schwächsten sind. Das Gold bildet sehr winzige kristalline Partikel oder auch zarte Schüppchen, die leicht

---

[1]) A. R. Sawyer. *The Tarkwa Goldfields, Westafrica.* Trans. Inst. Min. Eng. London 1902. — S. J. Truscott. *The Witwatersrand Goldfields.* II. ed. 1902. p. 487—508. — E. R. Schoch. Manuskript, das uns freundlichst zur Verfügung gestellt war. — R. Beck. *Über afrik. Erzlagerstätten.* Z. f. pr. G. 1906, S. 209.

auf dem Wasser zum Schwimmen kommen. Seine Feinheit ist sehr bedeutend, nämlich 940—989. Die Quarzgerölle selbst enthalten kein Gold, wenn man von Berstungsrissen absieht, in die das Metall mit dem schwarzen Sand eingedrungen ist. Etwa 61 % des Goldes verbleiben auf den Amalgamplatten, etwa 32 % werden beim Cyanieren gewonnen, etwa 7 % gehen in die Rückstände. Eine Hauptprobe des Konglomerates ergab 14,1 g Au p. t.

Viele OW. streichende Verwerfungen, auch einige Überschiebungen im Streichen, die den Ausstrich eines einzigen Reefes stellenweise verdoppeln, sind bekannt. Mehrfach hat man Gänge eines glimmerreichen grobkörnigen Granites angetroffen, darunter auch einen sehr schmalen Lagergang innerhalb eines der Konglomeratflötze.

Mit E. R. Schoch halten wir dieses Vorkommen für alte Goldseifen, deren Goldgehalt eine teilweise chemische Umlagerung erlitten hat.

3. Goldführende Konglomerate in Deutsch-Ostafrika.

a) Die goldführenden Konglomerate von Ussongo.

In der Kolonie sind bis jetzt goldführende Konglomerate in den Gebieten Ussongo und Sekenke aufgefunden worden. Die ersteren hat man im gewissen Sinne mit den Witwatersrandkonglomeraten verglichen. Wie diese finden sie sich in steil aufgerichteten Schichten zwischen lichtgefärbten quarzitischen Sandsteinen, denen sich in größerer Entfernung Phyllite anschließen. Im Norden legen sich gebänderte Eisenquarzitschiefer an, die an die Hospital-Hill-Slates erinnern. Die ganze Zone erstreckt sich von Ssamuye im Norden bis an die Nataberge im Süden. Sie streicht nach NW. und wird nach J. Kuntz, dessen freundlicher Mitteilung wir alle diese Angaben nebst Belegstücken verdanken, von Granit begrenzt. Der Goldgehalt ist leider im Gegensatz zu den Witwatersrandkonglomeraten nur sehr gering. Wir hatten Gelegenheit, frisches, noch unzersetztes Material, das Herr J. Kuntz von Ussongo mitgebracht hatte, zu untersuchen. Beim ersten Blick scheint allerdings die Ähnlichkeit mit den Witwatersrandkonglomeraten eine sehr große zu sein. Beim näheren Prüfen bemerkt man indessen folgende zum Teil abweichende Eigenschaften: Die gewöhnlich nur bis eigroßen Gerölle bestehen nicht ausschließlich aus Quarz, sondern zum großen Teil auch aus kristallinen Gesteinen mancherlei Art, zum Beispiel aus Eisenquarzitschiefer, aus feinkörnigem Granit und aus Hornblende führenden, stark zersetzten Eruptivgesteinen. Das Bindemittel ist in der Hauptsache ein kleinkörnig-kristallines, oft im Schliff, wegen der polygonalen Durchschnitte der Individuen, bienenwabenartiges Quarzaggregat mit

viel höchst unregelmäßig wolkig verteiltem, feinschuppigem Serizit und mit ziemlich reichlichem Pyrit. Dieses Erz ist in Form von einzelnen Kriställchen oder noch häufiger in Gestalt kristallin-körniger Aggregate eingestreut. Die letzteren stellen oft geschlossene Bänder oder Kränze dar, in deren Mitte ein feinkörniges Quarzaggregat oder Quarz und Serizit ausgeschieden sind. Gold konnten wir in den Schliffen bis jetzt nicht sehen und somit nicht feststellen, in welcher Weise es innerhalb der Konglomerate auftritt. J. Kuntz fand in einigen Proben von ausgewaschenem Pyrit nur einige g Gold p. t. Der Goldgehalt ist auch im Gestein überhaupt ein geringer, im Durchschnitt nur 3—4 g p. t; stellenweise bis 14 g p. t. Einzelne Goldteilchen vermochte J. Kuntz im Bindemittel abseits von Pyrit, andere auch inmitten der Gerölle von Eisenquarzitschiefer aufzufinden.

Bis jetzt sind diese Konglomerate noch ohne wirtschaftlichen Wert.

Im Anschluß an die Konglomerate von Ussongo möge noch ein Goldvorkommen in Ssamuye nördlich von Ussongo am Rande einer Glimmerschieferzone erwähnt werden. Das Gold findet sich in Rollstücken von Quarz, der, wie die anhaftenden Nebengesteinsteile zeigen, aus dem Serizitschiefer stammt. Vermutlich kommt er in dem Schiefer in Form von Linsen vor. Man vergleiche hiermit das I. S. 441 über die dortigen Gänge Gesagte.

β) *Die goldführenden Konglomerate und Sandsteine von Sekenke am Rande der Wembere-Steppe.*

Schon I. S. 442 bei der Schilderung der dortigen Gänge wurden die Erosionsreste von goldführenden Konglomeraten und Sandsteinen auf einigen Hügeln bei Sekenke erwähnt (vergl. I. Fig. 187). Diese Schichten sind an den sanften Gehängen der Hügel mächtiger, als auf den Gipfeln. Die Ablagerung hatte also auf schon stark erodiertem Gebiet stattgefunden. Die 20—60 cm mächtigen Konglomerate bilden eine der untersten Schichten der ganzen, bis etwa 12 m mächtigen Gruppe von vorherrschenden Sandsteinen. Die Gerölle dieser Konglomerate bestehen fast nur aus Quarz, seltener aus Quarzitschiefer. Jedenfalls rühren sie zum größten Teil von den nahen Goldquarzgängen her. Manche sind noch eckig. Das Bindemittel besteht nach J. Kuntz aus Opal mit eingebetteten Quarzsplitterchen. Es ist nur in geringfügiger Menge vorhanden. Die Gerölle berühren sich infolgedessen zumeist. Beide, Gerölle wie auch Bindemittel sorgfältig für sich untersucht, ergaben Goldgehalte, die in ersteren von sehr wechselnder Höhe, im ganzen überhaupt sehr gering sind, gewöhnlich nur bis zu 10 g p. t. Konglomerat.

4. Gold, Platin und Palladium führende Quarzite von Ruwe in der Landschaft Katanga im Kongostaat.

Am Berge Ruwe innerhalb der im südöstlichen Teile des Kongostaates gelegenen Landschaft Katanga kennt man diskordant auf älteren Gesteinen aufgelagert eine nach J. Cornet[1]) permo-triasische Schichtengruppe von vorwiegend mürben Sandsteinen. Sie führt die Bezeichnung Système de Kundelungu et de Lubilache. Am Ruwe-Berg im Quellgebiet des Baches Kurumaschiwa streicht nach H. Buttgenbach[2]) eine vermutlich zu diesem System gehörige Schichtenfolge aus, die unter 20° nach Nord geneigt ist. Sie besteht aus verschiedenartigen Sandsteinen und Quarziten, zuunterst auch aus einer eisenschüssigen Konglomeratbank. Diesen Schichten eingeschaltet ist eine durchschnittlich 2,5 m mächtige Bank von quarzitischem Sandstein, die löcherige Struktur hat und lichtrötliche Färbung besitzt. Man hat sie mit Schächten und Strecken bis über 18 m Tiefe unter der Oberfläche als reich an Edelmetallen nachgewiesen, nachdem man durch den Goldgehalt der den Ausstrich bedeckenden Verwitterungsmassen aufmerksam geworden war. Während indessen diese letzteren Gold zum Teil in ziemlich großen Klümpchen enthalten, im Gewicht von 1—5, ausnahmsweise auch bis zu 100 und 150 g, ist das Gold innerhalb des löcherigen Quarzites fast nur fein verteilt zu finden, häufig in mikroskopischer Kleinheit der Blättchen und Kügelchen. Immerhin kommen als Seltenheiten auch hier Klümpchen vor. Eines, das mit einem Platinklümpchen zusammenhing, wog mit diesem zusammen 12 g. Folgende, von H. Buttgenbach angeführte Analyse belehrt über die Vielheit der neben dem Gold hier auftretenden Metalle. Sie gibt die Zusammensetzung eines braunen, aus dem gewaschenen Quarzit erhaltenen Konzentrates:

Blei	29,55
Kupfer	9,00
Eisen	6,53
Nickel	0,24
Kobalt	1,02
Aluminium	0,16
Kalk	Spur
Vanadinsäure	10,56

---

[1]) J. Cornet. *Les formations post-primaires du bassin du Congo.* Ann. Soc. géol. de Belg. t. XXI. 1893—94.

[2]) H. Buttgenbach. *Le gîte auro-platinifère de Ruwe (Katanga).* Publ. Congrès Intern. des Mines etc. Liége V. quest. Liége 1905. — Derselbe. *Les dépôts aurifères du Katanga.* Bull. Soc. belge de géol. t. XVIII. pp. 175 et 178. 1904.

Phosphorsäure	Spur
Kieselsäure, unlösliche . .	31,45
Wasser, Sauerstoff, Verlust .	11,273
Palladium	0,121
Platin	0,002
Gold	0,032
Silber	0,062

Der mittlere Gehalt zahlreicher Proben war 10,8 g Gold, 11,9 g Platin und 2 g Palladium pro t. Das Palladium kommt indessen zuweilen auch in sehr hohen Ziffern vor. Iridium ist nur in Spuren festgestellt. Gold und Platin sind nicht gleichmäßig im Profil der Erzbank verteilt. Am Hangenden dominiert das Platin, am Liegenden das Gold. Den starken Vanadiumgehalt erklärte sich H. Buttgenbach durch Annahme des Vorhandenseins von Descloizit oder Psittacinit, also von Blei- oder Blei-Kupfer-Vanadinaten. Erstere vermochte er in Gestalt von radialstrahligen Kügelchen zu isolieren.

ζ) Antimonerzlager.

1. Antimonerzlager in Westfalen.

An zwei Stellen, auf der Grube Casparizeche bei Uentrop im Revier Arnsberg und auf der Grube Passauf bei Nuttlar im Revier Brilon, sind in Westfalen schichtige Antimonerzlagerstätten bekannt[1]).

„Das Vorkommen auf der Casparizeche ist nach der amtlichen Darstellung[2]) an die hangendsten Schichten des Kulm, den Plattenkalk, gebunden, welcher hier die östlichste Spitze des nach Osten einsinkenden Arnsberger Gebirgssattels bildet und in der Nähe vom flötzleeren Sandstein bedeckt wird. Am Ausgehenden der Kulmschichten fehlt der Hauptsattelrücken; nur die beiden Sattelflügel (der Nordwest- und Südostflügel) sind vorhanden, von welchen der letztere auf eine streichende Länge von 1100 m durch den Bergbau auf Antimonerz erschlossen ist."

„Der Hauptsattel enthält zahlreiche, mit ihm in gleicher Richtung verlaufende, scharf gebogene und geknickte Falten, und der Zusammenhang der Schichten ist durch viele, nach allen Richtungen durchsetzende Verwerfungsklüfte gestört. Die sonst hell gefärbten und festen Gesteins-

---

1) L. C. Buff. *Über Gangbildungen, welche eine lagerartige Entstehung zu haben scheinen (Spießglanzerze auf der Casparizeche).* Karstens Archiv f. Min., 6. Bd., 1833, S. 439. — A. W. Arndt. *Über den Bergbau auf Spießglanz am Silberberge bei Arnsberg.* Elberfeld 1834.

2) Beschreibung *der Bergreviere Arnsberg, Brilon und Olpe sowie der Fürstentümer Waldeck und Pyrmont.* Herausgeg. vom Kgl. Oberbergamt zu Bonn. 1890, S. 158.

schichten besitzen im Bereiche des Erzvorkommens dunkle Farbe und nur geringen Zusammenhang.“ Auf dem Südostflügel sind fünf Erz führende Bänke bekannt. Die Antimonerze, Antimonglanz, am Ausgehenden Antimonocker, bilden inmitten dieser Bänke, aber niemals an einer Stelle in allen fünf zugleich, sondern bald hier, bald dort, 5—15 cm dicke, nesterartige Ausscheidungen, von denen aus Blätter und Strahlen bis nahe an die Begrenzungsflächen der Schichten reichen, oder sie sind dem Gestein in kleineren Partikeln eingesprengt. Auf dem Nordflügel herrschen ähnliche Verhältnisse, nur bestehen hier die Erze vorwiegend aus Antimonocker und sind weniger rein.

Das Antimonerzvorkommen auf der Grube Passauf bei Nuttlar setzt am südwestlichen Abhange des Wiemertberges bei Vöckinghausen in den Schichten des flötzleeren Sandsteines auf drei Lagern auf, deren Masse aus Kieselschiefer und schwarzem Letten mit Nestern von Antimonglanz besteht.

Schon dieses Auftreten der Antimonerze in zwei ganz verschiedenen Horizonten der Karbonformation, ferner auch ihr Gebundensein an stark von Klüften durchsetzte Regionen macht die epigenetische Natur dieser Lagerstätten sehr wahrscheinlich.

Die Möglichkeit, daß von Klüften aus Antimonerze auch seitlich in die Schichten von Schiefergesteinen einwandern, wird durch das folgende Beispiel klar bewiesen.

2. Das Antimonerzvorkommnis von Brück an der Ahr.

Bei Brück an der Ahr im Kreise Adenau an der Eifel finden sich Antimonerze im paläozoischen Grauwackenschiefer, der nach NNO. streicht und unter 45° nach W. fällt. Innerhalb einer 24—32 m breiten, auf mindestens 160 m Länge aufgeschlossenen, NS. streichenden Zone ist der Schiefer stark zerklüftet und wird von zahlreichen, wenige cm mächtigen, nach NO. streichenden und 40—50° nach S. fallenden Gängen durchsetzt, die Antimonglanz, Eisenkies, Quarz und Braunspat enthalten. Von diesen Gängen aus ist nach Erbreich[1]) ein Teil der Ausfüllungsmasse zwischen die Schichten und die sonstigen Absonderungsflächen des Grauwackenschiefers eingedrungen.

3. Die Antimonerzlagerstätten bei Sidi-Rgheiss in Algier.

Die Antimonerzlagerstätten von Sidi-Rgheiss liegen im südwestlichen Teile von Constantine und sind namentlich bei Sempsa und

[1]) Erbreich. *Geogn. Beschr. der Spießglanz-Lagerstätte usw. bei dem Dorfe Brück.* Karstens Archiv f. Min., 1827, VI. Bd., S. 44—53.

am Djebel-Hamimat ausgebeutet worden. Sie finden sich dort inmitten von steil aufgerichteten, dunklen Tonen und Kalksteinen des unteren Neokom, ohne aber einen ganz bestimmten Horizont dieser Formation einzuhalten. Das Erz ist nach Coquand[1]) teils ein derbes Antimonoxyd von milchweißer bis graulicher Farbe und von muscheligem Bruch, teils eine körnig-kristalline Abart mit Drusen, aus denen die in allen Sammlungen verbreiteten Senarmontitkristalle von Algier stammen. Auch trifft man dort zuweilen im Ton oder schwarzen Kalkstein zahllose Senarmontitkriställchen eingestreut, die von keiner Gangart begleitet sind. Bisweilen sitzen auf dem Antimonoxyd kleine Büschel von seidenglänzenden Antimonglanznädelchen auf, die teilweise sekundär in rote Antimonblende umgewandelt sind. Die Lagerstätten bilden sehr unregelmäßige, jedoch der Schichtung parallele Massen ohne jede Gangart.

Das merkwürdige Vorkommen isolierter Kristalle von Senarmontit inmitten eines Belemniten führenden Kalksteines veranlaßte Coquand zur Annahme einer gleichzeitigen Entstehung des Erzes und des Kalkes im Meerwasser, dem durch Mineralquellen ein bedeutender Antimongehalt zugeführt worden sei. Besser jedoch scheinen diese Verhältnisse, wie schon Fuchs und De Launay bemerkten, durch die Vorstellung einer späteren Substitution des Kalkes durch das Erz erklärt werden zu können.

Zusammenfassender Rückblick auf die epigenetischen Erzlager.

Bei den Einzelschilderungen zahlreicher, sehr verschiedenartig zusammengesetzter und verschiedenalteriger, sulfidischer Erzlagerstätten von schichtiger Lagerungsform sind die beiden prinzipiell sich gegenüber stehenden genetischen Auffassungen, deren Wettstreit unsere Erzgeologie viel beschäftigt hat, dargelegt und gegeneinander abgewogen worden. Auf der einen Seite steht die reine Präzipitationstheorie, wonach am Grunde des Ozeans oder wenigstens auf dem Boden einer flachen Küstensee aus geschwefelten Erzen bestehende Schichten von oft bedeutender Mächtigkeit sich abgesetzt haben sollen, in derselben Weise,

[1]) Coquand. *Description des mines d'antimoine oxydé exploitées dans les environs de Sidi-Rgheiss.* Bull. de Soc. Géol. de France, 1852, p. 342. — Fuchs et De Launay. *Traité.* II, p. 205. — L. De Launay. *Les Richesses Minérales de l'Afrique.* Paris 1903, p. 335.

wie eine Kalksteinbank oder ein Steinsalzlager, oder wonach wenigstens solche geschwefelte Erze in kleineren Teilchen als rein chemische Präzipitate aus dem Meerwasser den normalen Sedimenten während ihrer Ablagerung sich zugesellten. Auf der anderen Seite aber sucht man solche Lagerstätten aus einer nachträglichen, geologisch vielleicht viel später erfolgten Vererzung gewöhnlicher Sedimente vermittels einer Infiltration von Erzlösungen von Gangspalten aus zu erklären.

Wir glauben, der Leser hat die Überzeugung gewinnen müssen, daß die tatsächlich zu beobachtenden Lagerungs- und Strukturverhältnisse bei den meisten Beispielen mehr für die zweite Hypothese einnehmen. Dies gilt insbesondere auch für die sulfidischen Erzlager im kristallinen Schiefergebirge. Der Mangel einer Niveaubeständigkeit sonst gleichartiger Erztypen, das Gebundensein der Lager an von Dislokationen stark beeinflußte und von Eruptivgesteinen durchsetzte Gebirgsteile, das gelegentliche Vorkommen von Überschneidungen an der Grenze solcher Erzkörper mit den Sedimenten, das mitunter festgestellte Vorhandensein von gangartigen Seitentrümern, vor allem aber auch der mikroskopische Verband der Erze mit den sonstigen Gesteinsgemengteilen, der oft auf eine spätere Ausscheidung der metallischen Verbindungen hindeutete, dies alles war jener Auffassung günstig. Zur weiteren Klärung der Frage wird es beitragen, wenn wir ferner noch feststellen, ob und in welchem Umfang überhaupt chemische Präzipitate von sulfidischen Erzen am Grunde von lakustren und marinen Gewässern der Jetztzeit sich bilden.

Am besten untersucht ist die Ausscheidung von Eisenkies und Markasit in Torfmooren, Sümpfen und unter ähnlichen Verhältnissen, wo immer organische Substanzen bei mangelhaftem Luftzutritt verwesen und eisenhaltige Lösungen zugegen sind. Am bekanntesten sind die Schichten von Eisenkies und Markasit, die sich am Grunde der sogenannten Mineralmoore von Franzensbad, besonders in dem Soos genannten großen Moor in der Nähe dieses Ortes und bei Marienbad bilden[1]), in der Hauptsache als Umhüllungspseudomorphosen nach stengeligen Pflanzenteilen, zum Teil aber auch in größeren Klumpen und Platten. Die Verhältnisse liegen hier besonders günstig für die Erzausfällung, weil die zahlreichen, in dem Moor aufsteigenden Mineral-

[1]) H. Loretz. *Über die in den fossilen Brennstoffen vorkommenden Mineralien.* Neues Jahrb. f. Min., 1863, S. 661. — E. Palla. *Rezente Bildung von Markasit im Moore von Marienbad.* Neues Jahrb. f. Min., 1887, II., S. 5. — O. Bieber. *Das Mineralmoor der Soos.* Marburg 1887, S. 30. — Vergl. auch C. Ochsenius. *Ganz junge Bildung von Schwefelkies.* Neues Jahrb. f. Min., 1898, II., S. 232.

quellen dem Wasser desselben fortwährend Eisensalze, namentlich auch Eisenvitriol zuführen, die zum kleineren Teil durch die am Boden verwesenden Pflanzenreste eine direkte Reduktion zu Eisensulfid erfahren, zum weitaus größeren Teil aber als oxydische Verbindungen ausfallen (siehe auch unter dem Abschnitt über Sumpferz).

Auch das von J. Knett[1]) beschriebene, 0,5 m mächtige Lager von zelligem Schwefelkies inmitten von fetten, schwarzen Tonen des Tertiärs von Jasztrabje im nordwestlichen Teile der Tapolcsamer Braunkohlenbucht (nordwestliches Ungarn), an einer Stelle, wo ebenfalls Säuerlinge bekannt sind, gehört in diese Kategorie.

Ferner mögen die in jüngster Zeit aus vadosen Quellen abgesetzten krusten- nieren- und traubenförmigen Schwefelkiese erwähnt sein, die nach F. W. Voit[2]) am oberen Padjai, rechtem Nebenfluß des Mahakkam auf Borneo, den Boden bedecken.

Zwar nicht in so großem Maßstabe hat man gelegentlich auch eine Sulfidbildung anderer seltener Metalle infolge von derartigen Reduktionserscheinungen beobachtet. So fanden sich in dem Bleibergwerk von Bennerscheid östlich vom Siebengebirge nach Nöggerath und Bischof auf altem Grubenholz Krusten, die zum großen Teil aus Schwefelzink, außerdem aus Kieselsäure, Tonerde usw., Wasser und etwas Schwefelkadmium bestanden[3]). Als eigentliche Sedimente dagegen kennt man so etwas nicht.

Daß auch faulende tierische Substanzen diese Reduktion auszuführen vermögen, zeigt die Beobachtung von Bakewell, wonach sich Mäuse, die in einer Flasche mit Eisenvitriollösung lagen, mit kleinen Kristallen von Eisenkies überzogen[4]). Hieraus erklärt sich das häufige Vorkommen von durch Eisenkies oder Markasit vererzten Petrefakten fast in allen bekannten Formationen. Allgemein bekannt sind z. B. die Ammonitengehäuse, die mehr oder minder von diesem Erz ersetzt sind.

Ein Beispiel von der rezenten Entstehung von Eisenkies im Meerwasser hat Forchhammer[5]) von der Küste von Bornholm berichtet, wo faulende Fucusarten mit einer eisenhaltigen Quelle in Berührung kommen. Die Reduktion erfolgt hier indirekt. Die schwefelsauren

---

[1]) J. Knett. *Schwefelkieslager von Jasztrabje.* Z. f. pr. G. 1903, S. 106—110.

[2]) F. W. Voit. *Geol.-bergm. Reiseskizzen aus Borneo, Kutei und Pâsir.* B. u. H. Z. 1899, Nr. 38, S. 447.

[3]) G. Bischof. *Lehrb. d. chem. Geologie.* 2. Aufl. I. Bd., 1863, S. 559.

[4]) C. W. C. Fuchs. *Die künstlich dargestellten Mineralien.* Haarlem 1872, S. 55

[5]) Zitiert bei G. Bischof, a. a. O. I. Aufl., I. Bd., S. 926—927.

Salze der Tange werden durch den Fäulnisprozeß zu Sulfiden reduziert, die bei raschem Zerfall unter Gegenwart von Kohlensäure Karbonate und Schwefelwasserstoff liefern. Der letztere fällt das Eisen aus den von den Quellen in die kleine Bucht herbeigeführten Lösungen als Schwefeleisen aus, sodaß sich die Geschiebe am Meeresgrund mit einer schön gelben Rinde überziehen. G. Bischof schloß hieraus, daß auch die Eisenkieskriställchen und -körnchen im Alaunschiefer und in ähnlichen Gesteinen durch die Einwirkung faulender Tangreste auf den eisenhaltigen Meeresschlamm entstanden wären.

Auf dem Grunde mancher Meeresteile entwickeln sich sogar ziemlich beträchtliche Mengen von Schwefelwasserstoff durch eine Reduktion der im Wasser gelösten Alkalisulfate infolge des sich zersetzenden organischen Detritus, beträchtlich genug, um Metallsalze ausfällen zu können, so namentlich in den Tiefen des Schwarzen Meeres[1]).

N. Andrussow[2]) beschreibt von dort einen Einfach Schwefeleisen enthaltenden Schlamm wie folgt:

„Der Schlamm des tiefen Meeresbodens ist meist von zweierlei Art: der schwarze Schlamm auf den Böschungen (zwischen 540—1290 m) und der dunkelblaue Schlamm des flachen Bodens des Meeres.

Der schwarze Schlamm der Böschungen, der sehr zäh und klebrig ist, wird sofort an der Oberfläche grau, sobald er der Luft ausgesetzt wird. Diese Verfärbung hängt von der Gegenwart von Einfach Schwefeleisen (FeS) ab, das sich sehr schnell an der Luft oxydiert. Unter dem Mikroskop zeigt sich die färbende Materie teils in der Form kleiner isolierter Kügelchen, teils als Imprägnation zwischen den Sandkörnchen. Die Gegenwart solcher Kügelchen im Innern von Diatomeen bietet besonderes Interesse.

Durch Dredschen erhält man zuweilen in derselben Region Massen von blauem Schlamm, welcher zuweilen nagelförmige Konkretionen von Zweifach Schwefeleisen (FeS_2) enthält. Dieser Absatz liegt wahrscheinlich unter dem schwarzen Schlamm.

Das dunkelblaue Sediment des tiefen Meeresbodens ist weniger dicht und umschließt viele Diatomeen, besonders pelagische. FeS findet sich auch hier, aber in geringerer Menge, verhüllt, wie es scheint, durch eine mehr oder minder beträchtliche Menge von $CaCO_3$, das feinkörnig ist und sich manchmal zu kleinen Klümpchen zusammenballt."

---

[1]) J. Walther. *Einleitung in die Geologie.* 1893/94, S. 661.

[2]) N. Andrussow. *La mer noire.* Guide des Excursions du VII. Congr. géol. intern., 1897, XXIX., p. 13.

Ähnliche Vorgänge haben gelegentlich gewiß auch in vergangenen geologischen Perioden stattgefunden. So nennt z. B. J. E. Pompeckj[1]) das Meer der Posidonomyen-Schiefer, dieser an Bitumen und Schwefelkies reichen Sedimente, ein liasisches „Schwarzes Meer“.

Auch die Verkiesung der Ammonitengehäuse in einer bestimmten Fazies im Makrozephalenhorizont des oberen Braunen Jura in Franken, worauf neuerdings wieder die sorgfältigen Untersuchungen L. Reuters[2]) die Aufmerksamkeit lenkten, würde hier anzuführen sein. Hier liegen in dem bis zu 10 m mächtigen Komplex von schieferigen Tonen des Callovien mit Ausnahme der untersten Lagen alle Petrefakten in Pyrit umgewandelt vor („Goldschnecken“). Die Ausscheidung des Eisensulfides erfolgte durch Reduktion von Sulfaten und zwar nach L. Reuter innerhalb des von salzigem Meerwasser durchtränkten und frei verteilte Eisensalze enthaltenden Grundschlammes. Derselbe Autor ist geneigt, eine besonders starke Zufuhr von Sulfaten ins fränkische Jurameer vom Festland her anzunehmen zu einer Zeit, als vielleicht gerade dort viele kiesreiche Massen von Eruptivgestein oder auch eigentliche Kieslagerstätten zerstört wurden. Durch gleichzeitige Absperrung von lebhaften Meeresströmungen sei möglicherweise eine sulfatreiche Unterschicht von Meerwasser entstanden, die schließlich auch bis zur Oberfläche hinauf anstieg und vielleicht die Ursache der Verkümmerung der zwerghaften Ammonitenfauna der Pyritzone gewesen sei.

Aber wenn auch die Möglichkeit der Präzipitation von sulfidischen Erzen sowohl im Süß- wie im Meerwasser in kleinem Maßstab zugestanden werden muß, so fehlt uns doch jedes Analogon aus der Gegenwart für die Bildung so mächtiger und teilweise mineralogisch so mannigfaltiger Kiesansammlungen, wie wir sie in wachsender Häufigkeit und Größe antreffen, je tiefer hinunter wir in die Schichtenreihe unserer Erde gehen. Wir werden darum lieber darauf verzichten, diesen unbedeutenden Sulfidbildungen der geologischen Jetztzeit Gewicht beizulegen, solange wir auf besseren Erklärungsversuchen fußen können. Solche ergeben sich aber aus solchen Beobachtungen, die ganz deutlich die Zufuhr des Erzes auf Gangspalten in schichtige Gesteinskörper hinein erkennen lassen.

---

[1]) J. E. Pompeckj. *Geogn. Jahreshefte.* München 1901, 14. S. 185.

[2]) L. Reuter. *Die Ausbildung des oberen Braunen Jura im nördl. Teile der Fränkischen Alb.* Geogn. Jahreshefte. München. 1907, XX. Jahrg., S. 89 ff.

Hier ist besonders auf ein bereits durch Bonnard (1825—28) bekannt gegebenes, später wieder durch A. Daubrée[1]) geschildertes Beispiel aus der Bourgogne hinzuweisen.

Südwestlich von Avallon auf der Hochebene von Étaules wird das granitische Grundgebirge von vielen Gängen durchsetzt, die vorwaltend aus Chalzedon, Hornstein und Quarz bestehen, daneben aber auch Flußspat, Schwerspat, Bleiglanz und Eisenkies enthalten, also zur barytischen Bleierzformation gehören. Auf dem Granit lagert die Juraformation und zwar zuunterst eine Arkose des untersten Lias. An der Auflagerungsfläche dieser Arkose sind die auf den Gangspalten aufgestiegenen Lösungen gewissermaßen übergeflossen und haben nun das poröse Gestein vollständig mit ihren Absätzen imprägniert, wie aus dem Profil Fig. 246 nach Michel Lévy und Ch. Velain hervor-

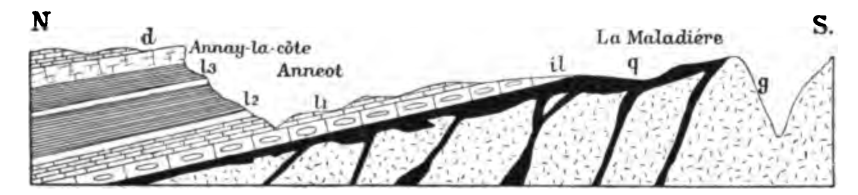


Fig. 246. *Profil durch die Hochfläche von Étaules bei Avallon* nach Michel Lévy und Velain.

g feinkörniger Granit, *il* sandige Schichten des Infralias. l_1 unterer, l_2 mittlerer, l_3 oberer Lias, *d* Dogger, *q* Quarz und Hornstein mit Flußspat, Schwerspat und Bleiglanz in Gängen im und als lagerförmige Masse auf dem Granit.

geht. Die kieseligen Mineralien bilden dann entweder nur das Zement der Arkose, oder es haben sich auch ganze Schmitzen ausgeschieden, in denen Flußspat, Schwerspat und Bleiglanz sowohl derb eingesprengt, als auch in Trümchen und als Drusenfüllung vorkommen. Die in dem untersten Lias sich findenden Gehäuse von Gryphaeen und anderen Konchylien sind dann immer ganz verkieselt.

Ein zweites ähnliches Vorkommen und zwar eines, wo reiche und wirklich abbauwürdige Erzschichten durch seitliche Infiltration von Gangspalten aus erzeugt worden sind, haben wir schon weiter oben in I auf S. 183 abgebildet und beschrieben (Grube Enterprise bei Rico in Colorado).

Auch auf die interessanten Verhältnisse am Silberpfennig in den Hohen Tauern[2]) ist hier hinzuweisen. Die Golderzgänge durch-

[1]) A. Daubrée. *Les Eaux Souterraines aux époques anciennes.* Paris 1887, p. 126.

[2]) Die Resultate der *Unters. des Bergb. in den Hohen Tauern.* Wien 1895. Herausgeg. vom k. k. Ackerbau-M. S. 77.

setzen hier den Gneis, stoßen aber an den diskordant aufgelagerten Kalkglimmerschiefern ab. Einzelne Bänke der letzteren sind mit Pyrit, Bleiglanz, Zinkblende und Eisenspat imprägniert, ja ganze der Schichtung parallele Lager von Spateisenstein, untergeordnet auch von Bleiglanz und Blende sind dort abgebaut worden. Die Einwanderung der Erze von den Gangspalten aus erscheint hier ganz sicher.

Wir waren bei unserer Übersicht mehrfach auch auf Beispiele zu sprechen gekommen, deren Größenverhältnisse und Gestalt durch eine einfache Infiltration dazu geeigneter, ursprünglich tauber Gesteinsbänke oder auch durch eine metasomatische Umwandlung von hierzu prädisponierten Schichten kaum genügend erklärt werden konnten, viel-

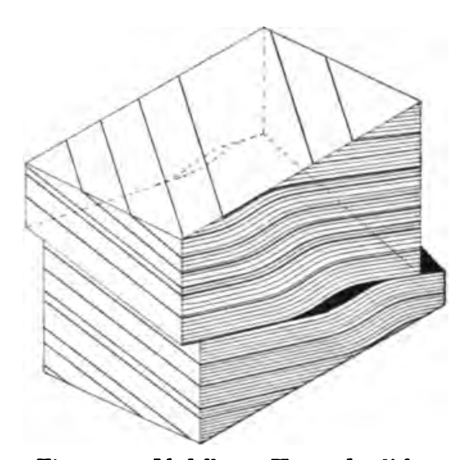


Fig. 247. *Modell zur Veranschaulichung der Entstehung von „Erzlinealen“* nach Th. Kjerulf.

mehr an eine vorausgegangene Hohlraumbildung denken ließen. Besonders Brokenhill und manche norwegischen Kieslager dürften mehr in dieser Weise gedeutet werden können. Für die letzteren hat dies schon Th. Kjerulf eingehend zu begründen versucht. Seine Vorstellung von den hierbei wirksamen Vorgängen läßt sich am einfachsten und kürzesten an dem Modell demonstrieren, das wir nach ihm in Fig. 247 abbilden[1]). Wir sehen daraus, daß eine Faltung und eine nachfolgende Überschiebung tatsächlich solche parallel der Schichtung eingeschaltete Räume, wie sie die norwegischen Kieslager häufig ausfüllen, erzeugen können. Es werden noch sehr viele Untersuchungen notwendig sein, um alle die

[1]) Th. Kjerulf. *Geologie von Norwegen.* Übersetzt von A. Gurlt. Bonn 1880, Taf. XVIII, Fig. 263.

Beispiele auszusondern, bei denen dies wirklich anzunehmen ist, und um solche Beispiele schließlich vielleicht besser den echten Lagergängen zuzuweisen. Wir halten eine solche Aussonderung vorläufig noch für undurchführbar.

Wie sehr wir auch die Präzipitationstheorie und die Infiltrationstheorie, die beiden Richtungen, die wir nochmals überblickten, voneinander bei der Erklärung der epigenetischen Erzlager abweichen sahen, in einem Punkte fanden wir sie in Übereinstimmung, nämlich darin, daß die Erze sich als Lösungen ausgeschieden haben. Selbst die Art der Ausfällung der Sulfide aus solchen Lösungen denken sich bei sehr vielen Vorkommnissen die Vertreter beider Richtungen gleich, indem sie nämlich an den reduzierenden Einfluß bituminöser Substanzen erinnern. In vielen Fällen fanden wir ja sogar, daß die betreffenden epigenetischen Erzlager noch jetzt derartige Substanzen einschließen.

Eine Art Vermittlungstheorie vertrat neuerdings F. Klockmann[1]), früher ein eifriger Anhänger der reinen Präzipitationstheorie. Er wandte seine neue Erklärung zunächst für die Kieslager des Rio-Tinto-Gebietes an. Diese sind nach ihm „konkretionäre Ausscheidungen innerhalb eines mit den chemischen Elementen des Pyrits geschwängerten, plastischen Tonschieferschlammes“. Die vorausgegangene Durchtränkung des Schlammes bringt er in genetische Beziehung mit den dortigen, nach ihm effusiven Eruptivmassen, die er als die Erzbringer bezeichnet.

Eine neue Idee zur Erklärung gewisser epigenetischer Erzlager hat kürzlich E. Kohler[2]) geäußert. Er weist auf die Bedeutung der Adsorptionsprozesse hin.

Unter Adsorption versteht man die Eigenschaft von poröser Kohle und von kolloidalen Substanzen wie gallertartiger Kieselsäure, sowie auch von Kaolin oder Ton, von durchlaufenden, stark verdünnten Lösungen einen Teil der gelösten Stoffe zurückzuhalten. So verliert eine etwa einprozentige wässerige Lösung von Kupferammoniumsulfat in einem mit Kaolin belegten Filter den ganzen Kupfergehalt als Kupferoxyd, während das Filtrat nur aus einer Lösung von Ammoniumsulfat besteht. E. Kohler schreibt nun dem Tongehalt vieler epigenetischer Lagerstätten, wie z. B. des Knottensandsteines von Commern, des Freihunger Bleisandsteines u. a. eine solche Eigenschaft zu gegenüber den von Spalten aus zusickernden, metallhaltigen Lösungen. Diese

[1]) F. Klockmann. *Über das Auftreten und die Entstehung der südspanischen Kieslagerstätten.* Z. f. pr. G. 1902. Apr.

[2]) E. Kohler. *Adsorptionsprozesse als Faktoren der Lagerstättenbildung und Lithogenesis.* Z. f. pr. G. 1903, S. 49—59.

Vorstellung ist höchst beachtenswert, zumal da auch auf Gängen selbst Letten- und Kaolinmassen sich oft reich mit Erz imprägniert erweisen. Auch die an Hornsilber so reichen Kaoline von Brokenhill, deren Wirkung bereits vor Jahren von den australischen Monographen dieser Lagerstätte mit der eines Filters verglichen worden war, bilden ein gutes Analogon.

Minder überzeugend ist der Versuch Kohlers, die Erzführung des Kupferschiefers aus einer Adsorption der einst im Zechsteinmeere gelöst gedachten Metallsalze durch die fallende Trübe beim Sedimentationsvorgang zu erklären, um so an dem tief eingewurzelten Gedanken von der gleichzeitigen Entstehung von Sediment und Erz festhalten zu können.

Fünfter Abschnitt.

Epigenetische Erzstöcke.

Als epigenetische Erzstöcke bezeichneten wir in der Einleitung I. S. 6—7 der Kürze halber alle innerhalb von Kalksteinen oder Dolomiten sich findenden, stock-, nest- oder schlauchförmigen Erzkörper, die wesentlich vermittels einer metasomatischen Verdrängung der Karbonate des ursprünglichen Gesteins durch Erze und begleitende nicht metallische Mineralien entstanden sind. Wie sich bei der Besprechung der einzelnen Beispiele zeigen wird, ist vielfach bei der Bildung dieser Lagerstätten neben dem Verdrängungsprozesse auch die Ausfüllung vorher bestehender Höhlungen einhergegangen. Diese Höhlen können durch ganz andere Lösungen, als die schließlich das Erz bringenden, und zu viel früheren Zeiten ausgelaugt worden sein.

Ausnahmsweise hat der Verdrängungsprozeß auch nicht karbonatische Gesteine ergriffen. So ist z. B. in der Grube Braut bei Walderbach (bei Stromberg) nach R. Delkeskamp[1]) die Grauwacke des Unterdevon samt den Petrefakten, die als Steinkerne gefunden werden, in Roteisenerz umgewandelt.

Man gruppiert die epigenetischen Erzstöcke wie die Erzgänge nach den jedesmal vorherrschenden oder wenigstens qualitativ am meisten bezeichnenden Metallen, und weiterhin kann man in jeder Kategorie die Beispiele nach dem Alter des Nebengesteins ordnen, wenngleich dieses Moment genetisch von nur untergeordneter Bedeutung ist.

---

[1]) R. Delkeskamp. *Bedeutung der Konzentrationsprozesse.* Z. f. pr. G. 1904, S. 312.

a) Epigenetische Erzstöcke der Eisenerzformation.

1. Die Spateisenerzlagerstätten von Hüttenberg in Kärnten.

Die früher fälschlich als schichtige Einlagerungen gedeuteten, tatsächlich aber epigenetische Stöcke bildenden Spateisenerzlagerstätten von Hüttenberg nordöstlich von Klagenfurt in Kärnten sitzen inmitten kristalliner Kalksteinlager eines metamorphen Schiefergebirges unbestimmten Alters. Das im Streichen auf mehr als 2400 m bekannte und 400—700 m mächtige Hauptkalksteinlager ist Granat und Staurolith führenden Glimmerschiefern eingeschaltet, die in SW. von Phylliten überlagert werden, während in NO. das Liegende von Granit injizierte Schiefer („Gneise") bilden. Zahlreiche Gänge und besonders auch Lagergänge eines turmalinführenden Pegmatites sind innerhalb aller dieser Gesteine bekannt, durchsetzen auch öfters den Spateisenstein.

Dieser hat einen Gehalt von 41—44 % Eisen, bis 5 % Manganoxyd, 1—1,5 % Kalkerde, 3—4,5 % Magnesia und bis 2,5 % Kieselsäure (F. Seeland)[1]. Neben Beimengungen von Glimmer, Quarz und Pyrit, letztere besonders in den tieferen Bauen, erscheint auch Baryt, der in den oberen Regionen sich sogar störend anreichern kann. Seltene Mineralien aus dem Erze sind Löllingit, gediegen Wismut, Chloanthit, Bournonit u. a. Die bei der Umwandlung des karbonatischen Erzes durch Tagewässer entstehenden kavernösen Brauneisensteine enthalten viele sekundäre, oft stalaktitische Manganverbindungen, besonders Wad, Pyrolusit, Psilomelan neben Göthit u. a. Diese Manganverbindungen verleihen auch den ursprünglich lichtgefärbten Erzen („Weißerzen") bei ihrer beginnenden Zersetzung an der Luft einen violetten Schimmer („Blauerze").

Der charakteristische Gehalt an Baryt, den man auch auf vielen echten Spateisenerzgängen findet, deutet darauf hin, daß der Kalkstein durch thermale Wässer vererzt wurde. Schollenförmige Residua von noch nicht angegriffenem oder nur in eine ankeritische Masse umgewandeltem Kalkstein mitten in den sehr unregelmäßig verzweigten Erz-

[1]) F. Münichsdorfer. *Geolog. Vorkommen am Hüttenberger Erzberg.* Jahrb. k. k. geol. Reichsanst. VI, 1855, S. 619—643. — F. Seeland. *Der H. Erzberg und seine nächste Umgebung.* Ebenda. XXVI, 1876, S. 49—112. — A. Brunlechner. *Die Form der Eisenerzlagerst. in H.* Z. f. pr. G. 1893, S. 301—306. — R. Canaval in Karinthia II. 1894, S. 47. — B. Baumgärtel. *Der Erzberg bei H. in K.* Jahrb. k. k. geol. Reichsanst. LII, 1902, S. 219—244. Mit 2 Taf. und 19 Zinkos. Gibt vollst. Lit.

stöcken (siehe Fig. 248) illustrieren den Verdrängungsvorgang ebenso, wie auch gelegentliche Überschneidungen der schwach angedeuteten Schichtung des körnigen Kalksteines durch die Grenzflächen der Erzkörper. Schon R. Canaval vermutete die epigenetische Entstehung des Erzes, die von B. Baumgärtel ganz klar erwiesen wurde. Dieser denkt sich die thermale Einwirkung als postvulkanischen Vorgang im Zusammenhang mit der Intrusion der dortigen Granite und Pegmatite.

Die Hüttenberger Lagerstätten waren schon den alten Römern bekannt. In den 70er Jahren wurden dort jährlich im Durchschnitt 146000 t Erz gefördert, die in den Hütten zu Haft, Lölling und Prevali verschmolzen wurden. 1905 war die Produktion des Erzberges auf 16649 t zurückgegangen.



Fig. 248. *Querprofil durch einen Teil des Hüttenberger Revieres* nach Brunlechner.
Die Erzkörper sind dunkel gehalten.

Zu den Hüttenberger Lagerstätten gehören im geologischen Sinne auch die kürzlich von R. Canaval[1]) beschriebenen Eisenerze von Kohlbach an der Stubalpe in Steiermark.

Auch die merkwürdigen, lagerartigen, von Ankerit und Spateisenerz sowie Pyrit begleiteten Eisenglanzmassen, die derselbe Autor[2]) von Waldenstein bei Twimberg im kärntnischen Lavanttale beschrieb, haben wohl gleiche genetische Stellung. Sie sind steil aufgerichteten, gneisartigen Schiefern eingeschaltet, die Orthit führen. Am hangenden Lager finden sich stark kaolinisierte, rutilreiche Schiefer, die mit Eisenglanz und Pyrit imprägniert sind.

---

[1]) R. Canaval. *Das Eisensteinvork. zu Kohlbach an der Stubalpe.* Bergbaue Steiermarks. V. Leoben 1904, S. 1—14.

[2]) R. Canaval. *Bem. über das Eisenglanzvorkommen von Waldenstein in Kärnten.* Karinthia II. Nr. 3, 1903.

Mit den Hüttenberger Eisenerzlagerstätten in vieler Beziehung analog sind auch die berühmten Spateisenerze von Eisenerz. Sie mußten jedoch wegen des permischen Alters ihres Nebengesteins erst S. 225 eingereiht werden.

2. Die Eisenerzlagerstätten des Iberges bei Grund im Harz.

Der massige oberdevonische Riff-Kalkstein des Iberges und Winterberges bei Grund auf dem Oberharz ist nach F. Klockmann[1]) außerordentlich stark zerklüftet. Die langanhaltenden Gangspalten in den Kulmgrauwacken und Schiefern verändern in diesem Gestein ihr Verhalten völlig. Sie lösen sich in ein Gewirr von Spalten und Klüften auf, von denen nur einzelne durch größere Erstreckung und gleichbleibende Richtung sich auszeichnen. Durch die auf allen diesen offenen Wegen zirkulierenden Gewässer wurden besonders an den Durchkreuzungs- und Scharungspunkten ziemlich ausgedehnte unregelmäßige oder schlauchförmige Höhlen erzeugt. Sie sind mit dem Auslaugungsrückstand des Kalkes, einem roten Höhlenlehm erfüllt, dessen lettige Beschaffenheit ihn als Besatzmaterial von Bohrlöchern gesucht macht. Manche dieser Höhlungen führen auch Kalkspat und Quarz, während eigentliche Erze nur in der Fortsetzung des Prinz-Regenter und des Oberen Ganges innerhalb dieses Devonkalkes zur Ausscheidung gelangten. Dafür aber ist der letztere an zahlreichen Stellen durch metasomatische Umwandlung des kohlensauren Kalkes in Eisenkarbonat durch Eisenerz verdrängt worden, ursprünglich Spateisenstein, der aber jetzt fast durchweg sekundär in Brauneisenerz übergegangen ist. Die dem Eisenkarbonat beigemischten anderen isomorphen Karbonate wurden bei dieser sekundären Umwandlung als Kalkspat, Dolomitspat, Manganit, Psilomelan und Wad ausgeschieden. Als weitere Begleiter treten auf: Schwerspat, Quarz, Schwefelkies, Kupferkies, Buntkupferkies, Malachit und Asphalt.

Der Kalksteinstock des Iberges ist stellenweise von den Eisenerznestern, die häufig reihen- oder kranzförmig längs der Spalten liegen, ganz durchschwärmt. Einzelne Erzstöcke erreichen bedeutende, bis 40 m ansteigende Mächtigkeit.

Der früher am Iberg sehr rege Bergbau war Mitte der 80er Jahre zum Erliegen gekommen.

---

[1]) F. Klockmann im Berg- und Hüttenwesen des Oberharzes. Stuttgart 1895, S. 62—65. — Vergl. auch Rittershaus. *Der Iberger Kalkstock bei Grund am Harz.* Zeitschr. f. B. H. u. S.-W. im preuß. St. 34. Bd., 1886, S. 207—218.

8. Die Eisenerzlagerstätten im Devon von Quittein in Mähren.

Durch die gründlichen Untersuchungen von F. Kretschmer[1]) sind die genetisch sehr klar gestellten und darum interessanten Eisenerzlager im Devon von Quittein zwischen Müglitz und Hohenstadt im westlichen Mähren bekannt geworden. Sie liegen insbesondere auf dem Bergrücken Randig bei Quittein, ferner nördlich davon bei Colloredo und südlich bei Klein- und Großpoidl. Sie bestehen aus mehreren Zügen von Lagerstöcken, die mit dem Devon, worin sie sitzen, eine Faltung zu vier Mulden erlitten haben, während die zugehörigen Sättel denudiert sind. Das Innere der Mulden wird durchweg aus dunklen Grauwackenschiefern und an Eisenkarbonat reichen Grauwacken (Sideritgrauwacken) mit untergeordneten graphitischen und an fein eingesprengtem Pyrit reichen Tonschiefern gebildet. Diesen letzteren sind Kalksteine und tonige Kalkschiefer zwischengeschaltet, durch deren teilweise Verdrängung die Eisenerzlager entstanden. Die Mächtigkeit der Erzkörper schwankt z. B. beim Quitteiner Hauptlager von 11—23 m, und im Streichen erstreckt sich dieses auf 90 m. Ihrer Hauptmasse nach bestehen diese Lagerstätten jetzt aus Limonit und Kieseleisenstein, die von gelben und braunen Tonschiefern und Letten, sowie von bolartigen, Nontronit und Allophan führenden Massen begleitet werden. Ursprünglich indessen waren sie wesentlich aus Spateisenstein gebildet, der noch in kernartigen Resten z. B. im Widersinnigenlager II und im Neulager vorkommt. F. Kretschmer betont, daß die Quitteiner Eisenerzlagerstätten nur soweit hinabreichen, bis wohin die mehr oder minder aufgerichteten Schichten der sonst festen eisenschüssigen und graphitischen Grauwackenschiefer und Tonschiefer durch atmosphärische Wässer in milde, schieferige Letten und bolartige sowie pinguitführende Massen zersetzt erscheinen. Sie spitzen sich auch nicht keilförmig nach unten aus, sondern sitzen stumpf auf dem Kalkstein auf, den sie im Streichen nach oben hin ersetzen. Der in absteigenden Lösungen den Kalken zugeführte Eisengehalt entstammt den von Haus aus mit Eisenspat imprägnierten Grauwackenschiefern und den dunklen graphitischen Schiefern, deren Pyrit eine Oxydation erfuhr. Aus der Einwirkung der hierbei zugleich entstehenden freien Schwefelsäure auf einen ursprünglich den Kalken eigenen Baryumgehalt wird die spärliche Barytführung dieser Erzlager erklärt.

---

[1]) F. Kretschmer. *Die nutzbaren Minerallagerstätten Westmährens.* Jahrb. k. k. geol. Reichsanst. Bd. 52, 1902, S. 353—494. Mit 2 Tafeln (Karte) und 5 Fig.

Die Verdrängung des Kalziumkarbonates erfolgte zunächst durch Eisenspat. Dessen weitere Überführung in Oxydhydrate gab zugleich Veranlassung zu starker Zerrüttung und Bildung von Hohlräumen mit Glaskopf. Außerdem beschleunigte die Auflösung des Pyrites und die Abspaltung freier Säure die Zersetzung der Silikate jener Schichten. Die hierbei sich ausscheidende Kieselsäure verursachte in den Kalklagern ebenfalls durch Verdrängung Massen von Eisenkiesel und Kieseleisenstein.

In der Regel war die Vererzung des Kalksteins auf dessen Kontakt mit dem hangenden graphitischen Schiefer beschränkt. Letzterer verlor übrigens hierbei seinen Kohlenstoffgehalt.

Ein etwas abweichender Typus tritt uns im folgenden Abschnitt in einem anderen mährischen Devongebiet entgegen:

4. Die Eisenerze im Devon nordöstlich des Marchtales in Mähren.

Diese ebenfalls von F. Kretschmer[1]) genau untersuchten Lagerstätten des nördlichen Mährens und des angrenzenden Schlesiens lassen sich in drei größere Züge ordnen:

1. Den Lagerzug von Meedl, Storzendorf, Dörfel und Treublitz, sowie am Urlichberge bei Klein-Mohrau in der Umgebung von Mährisch-Aussee im Unterdevon.

2. Den Zug, welcher sich von dem Pinker Berge nächst Mährisch-Neustadt über Schönwald, Pinkaute, D.-Eisenberg, Hangenstein, Bittenwald bei Römerstadt, Klein-Mohrau bis Morgenland hinzieht, und zwar im obersten Unterdevon.

3. Den Zug, welcher sich von Sternberg über D.-Lodenitz, Bärn, Raudenberg und Bennisch bis Lichten erstreckt und dem obersten Oberdevon angehört.

Als Beispiel aus dem 1. Zug mögen die linsenartigen Lager von Poleitz bei M.-Aussee erwähnt sein, deren größtes bis 15 m mächtig wird und 40 m im Streichen anhält. Sie bestehen aus einem sehr feinkörnig kristallinen, teilweise mulmigen Magneteisenstein mit einem mittleren Eisengehalt von 49,2 %, aber einer starken Beimengung von Kieseleisenstein und Quarz (SiO_2 im Mittel 18,5 %). Diese Linsen sind unterdevonischen Schalsteinen und Diabasen zwischengeschaltet. Auf der Wilhelmszeche bei Meedl bestehen die zersetzten Diabasschiefern zwischengelagerten, bis 3 m mächtigen Erzkörper zwar vorwaltend aus dichtem Roteisenstein, führen aber auch hier vielen Magnetit eingesprengt. Einige Teile sind aus reinem Magneteisenerz gebildet. Beide Vorkommen sind phosphorarm.

Unter den Lagern des 2. Zuges am Pinker Berg besitzt das Hauptlager eine bauwürdige Länge von 159 m und eine Mächtigkeit von 1—8, an einzelnen Stellen

[1]) F. Kretschmer. *Die Eisenerzbaue bei Bennisch (Schlesien).* Österr. Zeitschr. f. B. u. H. XLII, 1894, Nr. 15—16. — Derselbe. *Die Eisenerzlagerstätten des mährischen Devon.* Mit 2 Taf. und 4 Fig. Jahrb. k. k. geol. Reichsanst. Bd. 49, 1899, H. 1, S. 29—124. — Derselbe. *Neue Mineralien vom Eisenerzbergbau Gobitschau nächst Sternberg (Mähren).* Zentralbl. f. Min. Geol. u. Pal. 1905, S. 195. — Vergl. auch A. Pelikan. *Über die Mährisch-Schles. Schalsteinformation.* Sitzber. math.-naturw. Kl. k. Ak. Wien CVII, Abs. 1, 1898, S. 547—608.

bis 18 m. Die Pinker Erze bestehen aus mulmigem Roteisenerz mit eingestreuten Magnetitkriställchen und gehen in eigentliches Magneteisenerz stufiger oder sandiger Beschaffenheit über. Die Erzkörper enthalten viele Bänder von Kieseleisenstein.

Nach F. Kretschmer und auch A. Pelikan sind die nordmährischen Eisenerze auf hydrochemischem Wege durch Verdrängung von Kalkstein zunächst durch Eisenkarbonat entstanden, das dann später sich in Hämatit und endlich Magnetit umsetzte. F. Kretschmer stützt sich namentlich auf die Verhältnisse in den Pinker Gruben, wo man schon in 48 m Tiefe an Stelle des Eisenerzes unterdevonischen Crinoidenkalk antraf, dessen Schichten mit den Bänken der Diabasgesteinsgruppe durch auskeilende Wechsellagerung in Verbindung stehen. Die dünneren kalkigen Zwischenlagen der oberen Teufen seien gänzlich vererzt worden. Da z. B. die Ausseer Diabasschiefer 19,80% manganhaltiges Eisenoxyd halten, sei die Quelle der Eisenlösungen in diesen Gesteinen zu suchen. Von dort stamme auch die Kieselsäure des Erzes. Während der fast unveränderte Diabasschiefer aus dem Hangenden des Pinker Hauptlagers 64,85% SiO_2 und 17,88% Al_2O_3 enthält, findet sich im bolartig zersetzten Diabasschiefer vom Marialager nur 37,95% SiO_2 und 35,84% Al_2O_3. Die Überführung in Magnetit dürfte nicht leicht zu erklären sein. Auch sonst empfiehlt sich eine Nachprüfung der genetischen Frage unter Vergleichen mit den sonst so analogen, aber jetzt von guten Beobachtern anders erklärten Vorkommen in Nassau und im Harz (siehe weiter unten). Insbesondere ist auch das relative Alter zwischen Erz und Diabas noch einmal gründlich zu prüfen.

Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse im 3. Zug, der besonders in der Umgebung von Bennisch, so bei Seitendorf, Bergbau veranlaßt hat.

5. Die Eisenerzlagerstätten im Devon des südlichen Ural.

Großartige Lagerstätten von wesentlich Brauneisenerzen, Limonit und Turjit[1]), sind an die unterdevonischen Kalksteine der Gegend von Pervukhina unweit von Ust-Katawsk im südlichen Ural gebunden[2]).

[1]) Über die starke Beteiligung des letzteren ($2\,Fe_2O_3 \cdot H_2O$) siehe J. Samojloff. *Die Turjiterze Rußlands.* Z. f. pr. G. 1903, S. 301. — Derselbe. *Turjit und die ihn begleitenden Mineralien aus Uspenskij-Grube.* Bullet. des Naturw. Ver. von Moskau 1899, No. 1 (russ.). — Später beschrieb er Umwandlungen von Turjit nach Limonit in dem Aufsatz: *Zur Min. der Bakalskij-Erzlagerstätte.* Moskau 1901 (russ.).

[2]) Th. Tschernyschew. Guide du VII. Congrès Géologique International. III., p. 31. Nebst Literaturangaben und Profilen. — Nach eigener Anschauung.

Sie streichen an den Abhängen der Berge Schuida, Irkuskan und Bulandikha zu Tage aus und werden namentlich beim Bergflecken Bakal ausgebeutet.

Die stark aufgerichteten, z. T. sattelförmig gefalteten Devonschichten in dieser Gegend zeigen folgendes Profil:

3. Zuoberst, die bizarr geformten Bergkämme und felsigen Höhen bildend, Quarzite und Sandsteine, deren Blockwerk das Gelände weit und breit überschüttet hat.

2. Graue, gelblichgraue, grünliche oder rötliche Schiefer mit Einlagerungen von dolomitischem Kalkstein von z. T. sehr bedeutender Mächtigkeit.

1. Quarzitische und serizitische Schiefer, schwarze und graue Dolomite und Tonschiefer mit den Erzlagerstätten.

Sämtliche Schichten werden vielfach von Diabas durchsetzt, der Gänge, lagerförmige Intrusionen und vielleicht auch echte Lager bildet.

Die Erzlager bestehen in größerer Teufe aus Spateisenstein, den man deutlich im Streichen an dem dolomitischen Kalkstein abstoßen sieht und so als späteres Verdrängungsprodukt erkennt. In den oberen Teufen sind die Spateisensteine in Brauneisenerze umgewandelt, die jetzt die weitaus größte Menge der Förderung ausmachen. Die erdigen Brauneisenerze der Uspenskij-Grube hat J. Samojloff als Turjit erkannt, der viele Einschlüsse von Albit, Göthit, Quarz, Eisenglanz, auch zuweilen etwas Kupferkies und Baryt enthält. Diese Brauneisenerze umschließen viele Hohlräume, von deren Decke stalaktitische Brauneisenerzgebilde herabhängen.

Wir greifen im besonderen die Lagerstätten am Berge Irkuskan heraus. Hier bemerkt man als unterstes Gebirgsglied einen auf dem Querbruch gebänderten Quarzitschiefer, darüber Tonschiefer und hierauf mehrere Flötze von Brauneisenerz. Sämtliche Schichten sind mehr oder weniger aufgerichtet. Das mächtigste Eisenerzflötz ist durch einen sehr großen, kraterförmigen Tagebau aufgeschlossen. In diesem erkennt man, daß im oberen Niveau sich noch ein Teil der ehemaligen Kalksteineinlagerung erhalten hat, während sie in der Tiefe völlig vererzt zu sein scheint. Trotz der kavernösen Struktur des Eisensteins kann man in demselben noch die ehemalige Schichtung des Kalksteins angedeutet sehen. Es ist hier ganz klar zu überschauen, daß das Erz den Kalkstein im Streichen ersetzt. Von den kleineren Lagern innerhalb der schwärzlich-grauen Schiefer des Hangenden ist das am weitesten vom großen entfernt gelegene insofern interessant, als dieses noch aus Spateisenstein besteht. Die Schichtenreihe wird endlich unmittelbar hinter diesem durch einen Quarzit mit Bänken von Konglomerat abgeschlossen.

Die Erze werden an Ort und Stelle zunächst zu großen Stadeln mit abwechselnden Lagen von Birkenholz aufgeschichtet und durchröstet. Sodann gehen sie nach den Eisenwerken von Simsk, Nikolaiewsk, Kataw-Iwanowsk, Jurézan und Satkinsk, die alle ihre eigenen Grubenanteile besitzen. In den 90er Jahren wurden im Bakaler Kron-Revier jährlich mehr als 100000 t Erz produziert und in den anderen Revieren etwa die gleiche Menge. Der allein zum Kronbesitz gehörige noch vorhandene Vorrat, soweit er durch Tagebaue gewinnbar ist, wird auf 6 Millionen t geschätzt, in den anderen Revieren auf etwa 20 Millionen t.

6. Die Brauneisenerzlagerstätten von Kisel im Ural.

Dieses Beispiel verdient Erwähnung, weil es wissenschaftlich sehr gründlich untersucht ist[1]), und weil es abweichend von vielen anderen ähnlichen eine genetische Erklärung erfordern dürfte, die eine Eisenzufuhr durch deszensive Gewässer annimmt.

Diese Lagerstätten liegen im waldreichen suburalischen Hügelland nördlich von der Koswa, 7—8 km von dem Städtchen Kisel im Gouvernement Perm. Sie stellen Verdrängungsbildungen im karbonischen Kalkstein mit Productus giganteus dar, sind indessen beschränkt auf die Synklinale von Artemiewka, die sie auf eine Strecke von 12 km hin begleiten. Das Erz besteht aus reichem, sehr schwefel- und phosphorarmem Brauneisenstein, welcher von Tonen, im Hangenden auch von Quarzsanden begleitet ist. Der Eisengehalt schwankt zwischen 46—57 % und besitzt den Mittelwert von 51—52 %. Während der Gehalt an P und S niemals über 0,12 % geht, ist SiO_2 mit 9—10 % zugegen. Die Lagerstätten bestehen aus unregelmäßigen Linsen, Nestern und schlangenartig gewundenen Körpern, die 1—16 m Mächtigkeit besitzen. Da die Lagerstätten nur auf die Erdoberfläche beschränkt sind und in tieferen Horizonten nicht durch Spateisenerz ersetzt werden, haben Mrazec und Duparc mit Recht die Substitution des Kalkes nicht aufsteigenden Lösungen zuschreiben wollen, sondern denken an eine Infiltration von oben her, die von der synklinalen Lagerung begünstigt wurde. Oberflächlich fließende eisenhaltige Lösungen waren in diesem Teile des Urales, der mächtige, an Eruptivgesteine gebundene ältere Eisenerzmassen, wie z. B. bei Troitzk, enthält, leicht möglich.

Kisel hat schon über 1,5 Millionen t Erz geliefert, und die Vorräte werden noch höher geschätzt.

7. Die Roteisenerzlagerstätten im Karbon von Cumberland[2]).

In Cumberland und im Forest of Dean[3]) fanden sich im Kalkstein des Unteren Kohlenkalkes zahlreiche Roteisenerzlagerstätten, die

[1]) A. Krasnopolsky. Allgem. geol. Karte von Rußland Blatt 126. Perm-Solikamsk. 1889. Mém. du comité Géol. XI, No. 1 et No. 2. — Guide du congrès géol. en Russie 1897, X. — L. Mrazec und L. Duparc. *Über die Brauneisensteinlagerstätten des Bergrev. von Kisel im Ural.* Österr. Z. f. B. u. H. LI. Jahrg. 1903. S. 3—12.

[2]) Literatur: J. D. Kendall. *The iron ores of Great Britain.* 1893. — W. W. Smyth. *The iron ores of Great Britain.* Mem. of the Geolog. Surv. 1856, part 1. — Phillips-Louis. *Ore Deposits.* 1896, p. 176, 247.

[3]) Aus eigener Anschauung.

oft sehr deutlich an Verwerfungsspalten geknüpft sind. Von diesen aus scheinen die eisenhaltigen Lösungen, vermittelst welcher der Kalkstein metasomatisch durch Eisenerz verdrängt wurde, ins Nebengestein eingedrungen zu sein. Zuweilen finden sich im Erz karbonische Brachyopoden und Korallen, die teilweise in Hämatit umgewandelt sind, desgleichen sind Pseudomorphosen von Hämatit nach Kalzit bekannt geworden. Sehr gut werden diese Vorgänge besonders dort verständlich, wo dünne Zwischenlagen von Schiefer im Kalkstein, aus diesem auch in die anstoßenden Erzstöcke hinein sich forterstrecken, ohne eine Verbiegung oder Unterbrechung zu erleiden (Fig. 249). Hier sieht man recht deutlich, wie

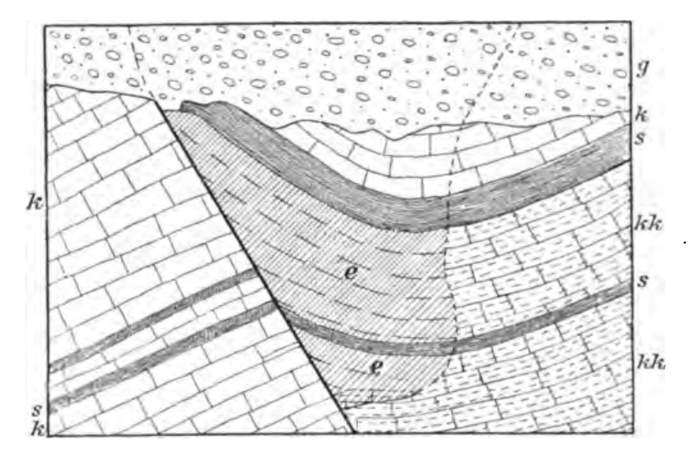


Fig. 249. *Profil durch das Roteisenerzlager von Crossfield* nach Kendall.
g Geschiebelehm, *k* Kalkstein, *kk* stark kieseliger Kalkstein, *s* Schiefer, *e* Roteisenerz.

nicht etwa freie Hohlräume vom Erz in Besitz genommen wurden, sondern Molekül für Molekül des Kalkkarbonates gelöst und durch Erz ersetzt worden ist. Wahrscheinlich waren alle diese Hämatite auch hier ursprünglich Spateisensteine und sind erst durch atmosphärische Sickerwässer weiter umgewandelt worden.

Das wirtschaftlich bedeutendste Vorkommen dieser Art ist dasjenige der Hodbarrow-Grube bei Millom an der Mündung des Duddon im westlichen Cumberland. Hier wird ein 35—40 m mächtiger Erzkörper unter einer Diluvialdecke abgebaut, da die hangenden Karbonschichten denudiert sind. Die durch ihre große Schutzmauer gegen das Meer hin berühmte Grube fördert jährlich 500000 t Roteisenerz[1]).

[1]) A. Weiskopf. *Die Hodbarrow-Mine.* B. u. H. Z. 1904, No. 11, S. 149 bis 152. Mit Figuren und Literaturangaben.

8. Die Erze der wahrscheinlich permischen Eisenerzformation der Nordalpen und Karpathen.

Sehr reich an Eisenerzlagerstätten ist die sogenannte Grauwackenzone zwischen der aus kristallinen Gesteinen gebildeten Zentralkette und den nördlichen Kalkalpen in Tirol, im Salzkammergut, in Steiermark und Niederösterreich. Erst neuerdings ist durch M. Vacek Klarheit in die geologische Gliederung dieser verwickelten Region gekommen, und damit auch die bis dahin noch sehr umstrittene stratigraphische Stellung dieser Eisenerze festgelegt worden. In dem Gebiete zwischen Enns und Mur besteht die Eisenerzzone aus Spat- und Brauneisensteinen, sowie aus schieferigen, konglomeratischen und brekzienartigen Gesteinen, besonders auch aus Kalksteinbrekzien mit serizitischem Bindemittel, deren Fragmente aus dem Obersilur stammen. Gewöhnlich bilden die Eisenerze die liegenderen Schichten und lagern, wie bei Eisenerz, diskordant auf unterdevonischem Kalk, manchmal aber auch auf älteren Gneisen. Die Schiefer und Brekzien, die z. B. bei Admont vorherrschen, bei Eisenerz dagegen nur ganz untergeordnet mit auftreten, werden oft diskordant von den untertriasischen Werfener Schiefern überlagert. Das Alter der Formation schwankt noch zwischen Oberdevon bis Perm, ist aber sehr wahrscheinlich permisch.

Eine fortlaufende Reihe von Aufschlußpunkten solcher Eisenerze läßt sich immer an der Basis der diskordant aufgelagerten unteren Trias verfolgen von Schwatz und Pillersee in Tirol über Dienten, Flachau und Werfen in Salzburg, Lietzen, Admont, in der Radmer, Eisenerz, am Feistereck, an der Veitsch und Neuberg in Steiermark bis nach Reichenau in Niederösterreich[1]). Die größte Entwicklung erreichen die Lager unstreitig am Erzberg bei Eisenerz, dessen kurze Beschreibung hier folgen möge.

a) Der Erzberg bei Eisenerz.

Wichtigste Literatur:

F. Ritter von Ferro. *Innerberger Hauptgewerkschaft.* Tunners mont. Jahrb. Bd. III, 1845, S. 197.

A. von Schouppe. *Erzberg bei Eisenerz.* Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1854, S. 396. Mit Tafel.

A. Miller von Hauenfels. *Die steiermärkischen Bergbaue.* Sep. aus: *Ein treues Bild des Herzogt. Steiermark.* Wien 1859, S. 14.

D. Stur. *Vorkommen obersilur. Petrefakten am Erzberg.* Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1865, S. 267.

---

[1]) Siehe hierüber nähere Angaben in dem Werke: A. Aigner. *Die Mineralschätze der Steiermark.* Mit einer Übersichtskarte über die Bergbaue Steiermarks. Wien-Leipzig 1907, I. Kap., S. 41—58. Die Eisensteinbergbaue.

F. von Hauer. *Geologie der österr. Monarchie.* 1875, S. 223.

M. Vacek. *Über den geologischen Bau der Zentralalpen zwischen Enns und Mur.* Verh. d. k. k. geol. Reichsanst. 1886, S. 71.

— —. *Skizze eines geologischen Profiles durch den steierischen Erzberg.* Mit 1 Tafel. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1900, Bd. 50, S. 23.

M. Vacek und E. Sedlacek. *Der steierische Erzberg.* Führer zum Intern. Geol. K. Wien 1903, V, S. 1—27. Mit 2 Abbildungen.

Eisenerz liegt auf der Nordwestseite des Präbühel- oder Prebichelpasses, der das bei Hieflau nach der Enns führende Tal mit dem bei Leoben in die Mur mündenden Tal verbindet. Die Gegend bildet eine Einsenkung des Hochgebirges zwischen den Niederen Tauern im Westen und dem Hochschwab im Osten. Der Erzberg erhebt sich als ein nahezu freistehender, 1537 m hoher Kegel, auf dessen Spitze man einen prachtvollen Rundblick genießt. Der obere Teil dieses Kegels stellt eine riesige Anschwellung innerhalb eines Eisenerzlagers dar, das nach M. Vacek diskordant auf unterdevonischem Kalkstein mit Bronteus palifer Beyr. u. a. ruht. Diese Diskordanz zeigt sich namentlich in Kalksteinklippen, die aus dem Liegenden in die Erzmasse hineinragen. Das beistehende Profil nach M. Vacek in Fig. 250 gibt ein deutliches Bild der Lagerungsverhältnisse. Man sieht daraus, daß unter den unterdevonischen Kalksteinen des Liegenden, den sog. Sauberger Kalken, diskordant noch die früher sog. körnigen Grauwacken von Eisenerz folgen, die Vacek als Gneise erkannt hat. Im nordöstlichen Teile des Erzberges, im Söbberhaggen, folgt das Erz direkt über diesem grauwackenartigen Gneis. Noch ist zu bemerken, daß man im östlichen Revierteile, in der Gegend der Barbara-Kapelle, die Eisenerzmasse des Erzberges diskordant von den Werfener Schiefern überlagert sieht, die nach N. einfallen. Sie beginnen gewöhnlich mit einer Brekzienbildung, wie im Peter Tunner-Stolln. Im westlichen Teile des Erzberges aber, durch den unser Profil gelegt ist, sind diese untertriasischen Werfener Schichten bereits denudiert, und die Erze stehen frei zutage an.

Nach den Angaben F. v. Hauers schwillt die Mächtigkeit des Erzlagers stellenweise bis zu 125 m an. Doch ist ein Teil der Erzmasse mit Rohwand, d. h. Ankerit in den verschiedensten Zwischenstufen bis zum gewöhnlichen Kalkstein verbunden. Das Erz „verrohwandet" mehrfach, wie man dort zu sagen pflegt.

Der Spateisenstein ist im praktischen Sinn fast frei von Sulfiden. Vom geologischen Standpunkt aus verdient jedoch das spärliche Miteinbrechen folgender Erze Erwähnung: Ankerit, Pyrit, Kupferkies, Arsen-

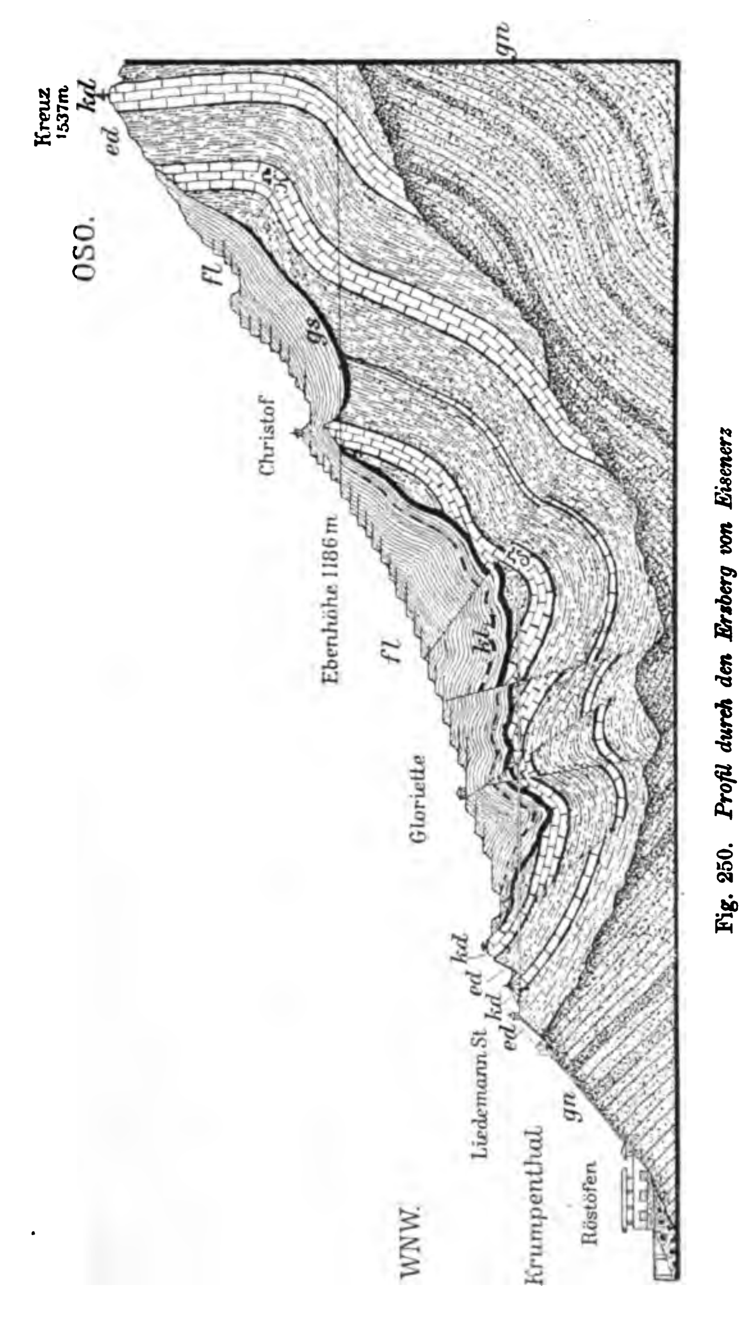


Fig. 250. *Profil durch den Erzberg von Eisenerz* nach M. Vacek.

gn gneisartige Gesteine („Eisenerzer Grauwacke"), *kd* unterdevonischer Kalkstein, *ed* unterdevonische Eisenerze und Rohwände, *fl* „Flinze", Spateisenerz des ? Perm, *kl* unreine Kalklage darin, *gs* Grenzschieferzone des ? Perm.

kies, Bleiglanz, Zinnober, Quecksilber-Fahlerz. Das Zusammenvorkommen dieser Erze weist nach K. A. Redlich[1]) auf einen genetischen Zusammenhang der Siderit-, Kupferkies- und Bleiglanzlagerstätten der Ostalpen hin.

Nach demselben Autor[2]) ist es sehr wahrscheinlich, daß die Spateisenerzlagerstätten mit ihren Ankeriten einerseits und die Pinolitmagnesite der Ostalpen andrerseits genetisch eng zusammenhängen. Von den Pinolitmagnesiten z. B. der Veitsch darf ja als erwiesen gelten, daß sie infolge einer Verdrängung von Kalkstein durch Magnesiakarbonate entstanden, wobei in der ersten Phase Dolomit gebildet wurde. Hierfür sprechen unter anderem die dort vorkommenden, in Magnesit und Dolomit umgewandelten Stielglieder von Crinoiden.

Das Mittel aus 4 Analysen der Erze von Eisenerz beläuft sich auf:

Eisen	44,66
Mangan . . .	2,12
Phosphor . . .	0,03
Schwefel . . .	0,04

Der Bergbau von Eisenerz reicht zurück bis in die Römerzeit. Angeblich sollen früher Dokumente vorhanden gewesen sein bis zurück zum Jahre 712 nach Christi Geburt. Jedenfalls erwähnen schon die römischen Schriftsteller das „norische Eisen“. Der Abbau geschieht durch terrassenförmig am Gehänge ansteigende Tagebaue und durch unterirdischen Betrieb. Im Jahre 1905 erzeugten die beiden dort arbeitenden Gewerkschaften zusammen 1073529 t Spateisenstein.

β) *Die Kupfererzlagerstätten an der Radmer.*

Unter den anderen steierischen, dem Erzberg von Eisenerz analogen Lagerstätten ist nach den Forschungen von K. A. Redlich[3]) besonders diejenige im weiter westlich gelegenen Radmertal von wissenschaftlichem Interesse. Die nördliche paläozoische Zone besteht hier zuunterst aus Grauwacken, darüber aus grauen bis schwarzen Schiefern, zuoberst, durch eine Diskordanz getrennt, aus Kalken. In den Kalken sind durch Verdrängung unregelmäßige Stöcke von Ankerit entstanden, die Kupferkies und Fahlerz enthalten. Eigentliche Spateisenerze treten hier zurück. Wir mochten jedoch diese Kupferlagerstätte nicht aus dem Zusammenhang mit der Eisenerzlagerstätte von Eisenerz reißen. Ist sie doch mit dieser durch mehrere kleine, in demselben Streichen gelegene Vorkommen, die auch Spateisenerz führen, verbunden (Ramsau, Radmertal, Brunn-

[1]) K. A. Redlich. *Notizen über einige Mineralvork. d. Ostalpen.* Zentralbl. f. M. G. u. P. Stuttgart 1908, Nr. 9, S. 280.

[2]) K. A. Redlich. *Die Genesis der Pinolitmagnesite, Siderite und Ankerite der Ostalpen.* Tschermaks Min. u. petr. Mitt. XXVI. Bd., 5. u. 6. H., 1907.

[3]) K. A. Redlich. *Der Kupferbergbau Radmer an der Hasel.* Bergbaue Steiermarks VI. Mit 1 Tafel. Leoben 1905, 38 S. mit Lit.

kareck u. a.). Was aber die Lagerstätten des Radmertals besonders wichtig macht, sind die nicht weit davon in der Grauwacke und im schwarzen Schiefer aufsetzenden Gänge von Ankerit, Quarz und Kupferkies, so am Plöschberg und im Finstergraben. Die Vererzung der Kalke und die Bildung dieser spätigen Kupfererzgänge stellen also eine genetische Einheit dar.

γ) *Die Spateisenerzlager innerhalb der Schiefer der Ostalpen.*

Neben den soeben geschilderten Spateisenerzlagerstätten innerhalb von kalkigen Gesteinen der sog. Grauwackenzone der Ostalpen, sind seit lange auch solche bekannt, die innerhalb von Schiefern und anderen, nicht kalkigen Sedimenten eingeschaltet sind. Nach den neuesten Forschungen namentlich von K. A. Redlich können diese kaum genetisch von jenen getrennt werden, und wir fügen daher ein paar Beispiele an dieser Stelle ein, obwohl sie sonst nicht unter diese Kategorie gehören. Ebensogut würden wir sie als Lagergänge den echten Gängen der Spateisenerzformation haben anfügen können. Wir wollten indessen das landschaftlich und auch genetisch Zusammengehörige nicht trennen.

Hierher gehören z. B. die Eisensteinvorkommen der Umgebung von Payerbach-Reichenau mit den Bergbauen von Grillenberg, Hirschwang, Altenberg und Schendlegg[1]). Ihr Nebengestein sind in der Hauptsache serizitische Schiefer. Die Erzlager bilden Linsen von sehr wechselnder Mächtigkeit, die ihre epigenetische Natur durch gelegentliche Einschlüsse von Bruchstücken aus dem Hangenden (Grillenberg) verraten. Zuweilen springt ein solcher Lagergang von Bank zu Bank über. Vielfach sind sekundäre Trümer von Quarz mit Kupferkies und Fahlerz mit einer zweiten Generation von Siderit und endlich mit Baryt eingedrungen (Prayer Stolln bei Hirschwang). Gewöhnlich sind Diabase und deren Tuffe oder Quarzporphyre und deren Tuffe in der Nähe dieser Lagerstätten nachzuweisen.

Dieser Eisensteinzug läßt sich von hier über den Semmering, Neuberg bis zur Veitsch und schließlich bis zum Erzberg bei Eisenerz verfolgen, von dem wir ausgegangen waren.

δ) *Die Lagerstätten von Vajda-Hunyad in Siebenbürgen.*

Ganz analoge bedeutende Lagerstätten besitzt Siebenbürgen in dem Gebirgsland südlich der Maros unweit von Vajda-Hunyad. Viele Meilen weit ziehen sich hier als Einfaltungen inmitten des Glimmerschiefergebirges kristalline Kalksteine von noch unsicherem Alter hin. Sie um-

---

[1]) K. A. Redlich. *Die Eisensteinbergbaue der Umgebung von Payerbach-Reichenau (Niederösterreich).* Bergbaue Steiermarks VIII. 10. Leoben 1907, S. 1—30, Taf. IV u. V.

schließen mächtige Einlagerungen von Spateisenstein, der manganhaltig ist. Die Tagebaue stehen zurzeit in der Hauptsache in Brauneisenstein, dem Umwandlungsprodukt des primären Erzes. In den tieferen Regionen folgt Spateisenstein. So hat der 100 m unter der obersten Tagebausohle angelegte Lukas-Ladislausstolln nur reinen Eisenspat angefahren. Dieser enthält an anderen Stellen als Beimengungen Magnetit, Pyrit, Kupferkies, Pyrolusit, Quarz und Graphit (W. Hotz).

Der Erzzug des ärarischen Eisenwerkes von Vajda-Hunyad verläuft vom genannten Orte über Telek, Plotzka, Gyalar, Alun, Gruniului, Vadu Dobri bis zum Ruszkaberge, wo dann die Baue der Kronstädter Eisenwerke beginnen. In den 90er Jahren wurden bei Vajda-Hunyad jährlich gegen 180000 t Brauneisenstein mit einem Gehalt von 52 bis 56 % Eisen produziert[1]). 1906 wurden 173086 t gewonnen.

Südlich von dem oben angegebenen Zuge von Erzgruben liegen die Magnetitlagerstätten von Vaspatak. Diese gehören Marmorzügen innerhalb der Glimmerschiefer an. Der Marmor führt Linsen von einem Kalkeisensilikatfels (Hornblende, Pyroxen und Granat), der Magnetit eingesprengt enthält oder ganze Nester davon umschließt. Diese Erze dürften nach W. Hotz im Gegensatz zu denen des nördlichen Zuges kontaktmetamorphen Ursprunges sein, wie auch einige andere Vorkommen weiter nordwestlich bei Ruszkica. Sichtbar sind freilich Eruptivmassen dort nicht.

9. Die Eisenerzlagerstätten im Zechsteindolomit der Gegend von Schmalkalden.

Die Spat- und Brauneisenerzlagerstätten der Stahlberger und Klinger Störung bei Schmalkalden[2]) im Thüringer Wald, die am Stahlberg und an der Mommel, sowie an der Klinge abgebaut werden, sind aus Plattendolomiten des Zechsteines hervorgegangen. Auf den genannten Verwerfungsspalten zirkulierten Wässer mit einem Gehalt an kohlensaurem Eisenoxydul, wie noch heute die Quelle von Liebenstein auf der Stahlberger Störung hervorbricht. Sie tauschten metasomatisch ihr $FeCO_3$ gegen $CaCO_3$ und $MgCO_3$ des angrenzenden Dolomites ein. Die Eisenerze zeichnen sich durch hohen Mangangehalt und das Fehlen

---

[1]) F. Beyschlag. *Das Montanwesen auf der Milleniumausstellung.* Z. f. pr. G. 1896, S. 465. — W. Hotz. *Die Magnetiterzlagerstätten von Vaspatak.* Mitt. Geol. Ges. Wien. II. B., 1. H., 1909, mit Lit.

[2]) H. Mentzel. *Lagerstätten der Stahlberger und Klinger Störung.* Z. f. pr. G., 1898, S. 273 (mit 3 Profilen). Siehe auch Bücking. *Gebirgsstörungen südwestlich vom Thüringer Wald.* Jahrb. d. preuß. geol. Landesanst. 1882.

von Phosphorsäure aus. Neben jenen Störungen treten auch Fluß- und Schwerspatgänge auf.

Ähnlich sind die Verhältnisse der bedeutenden Lagerstätte am Hüggel[1]) südlich von Osnabrück in Westfalen, wo der Zechsteinkalk teils dolomitisiert, teils in Eisenkalk und Brauneisenstein umgewandelt ist. Die dortige Georgs-Marien-Grube lieferte 1905 151201 t.

10. Die Eisenerze von Vareš in Bosnien.

Der Trias angehörige Kalke sind der Sitz der großartigen Eisenerzlagerstätten von Vareš in Bosnien, die namentlich durch die Beschreibungen Fr. Katzers[2]) und durch die gewaltige Entwickelung der dortigen uralten Eisenindustrie seit der österreichischen Okkupation bekannt geworden sind. Wir folgen seiner Darstellung und den Eindrücken eigener Anschauung.

Vareš liegt in der Zvjezda Planina, einem nahe der Stadt bis über 1000 m ansteigenden Waldgebirge nördlich von der Landeshauptstadt. Die eisenerzführenden Kalke bilden in Wechsellagerung mit roten oder grünen, glimmerigen, tonigen oder sandigen Schiefern und spärlichen Sandsteinbänken die untertriasischen Werfener Schichten. Die über 40 m mächtigen Eisenerzlager lassen sich zu zwei südlich von Vareš vorüberstreichenden Lagerzügen ordnen, einen östlichen mit den Betriebspunkten von Drožkovac, Brezik und Pržići, einen westlichen jenseits des Stavnjatales mit den Gruben von Smrcka und Saski potok. Beide zusammen haben eine Länge von etwa 5 km.

Genetisch wichtig ist, daß diese Lagerzüge längs einer Störungslinie gelegen sind. Bei Vareš selbst wurden im Erz bisher nur Spuren von Petrefakten gefunden, doch kommen in weiterer Entfernung, bei Borovica, darin Ammoniten vor. Auch sind die Horizonte durch Halobia Hoernesi Mojs. im Hangenden und Liegenden fixiert.

Das Erz ist teils ein toniger Spateisenstein, teils Braun- und Roteisenstein. In der Tiefe nimmt das Karbonat zu. Stellenweise hat sich Baryt ausgeschieden. Selten stößt man auf etwas Pyrit, spärlichen Bleiglanz, Fahlerz und ged. Kupfer. Der Barytgehalt kann bis zu 8 % ansteigen. Der Phosphorgehalt ist minimal, der an Mangan bis zu 10 %.

---

[1]) Stockfleth. *Das Eisenerzvork. am Hüggel.* Essener Glückauf 1894, No. 100—104.

[2]) Fr. Katzer. *Das Eisenerzgebiet von Vareš in Bosnien.* B. u. H. Jahrb. k. k. Bergak., 48. Jahrg., 1900, S. 99—189. — Derselbe. *Geol. Führer durch Bosnien und die Hercegovina.* Sarajevo 1903, S. 139—157. Vgl. auch B. Walter. *Beitrag zur Kenntnis der Erzlagerst. Bosniens.* 1887, S. 17—24.

Das über 60 m mächtige, wesentlich aus tonigem Spateisenstein bestehende Hauptlager ist das von Drožkovac. Es wird ähnlich wie der Erzberg bei Eisenerz steinbruchsmäßig durch einen gewaltigen Terrassenbau abgebaut, der sich von der Talsohle bis zu der Kalksteinkuppe der kleinen Divinica hinaufzieht. Wertvoller wegen ihres über 60 % ansteigenden Eisengehaltes sind die wesentlich aus Roteisenerz bestehenden Erze des Lagers von Pržići, das in 1100 m Seehöhe liegt.

Die Produktion von Vareś betrug 1907 nach der offiziellen Statistik 150509 t Erz. In demselben Jahre wurden 33463 t Frischroheisen und 15460 t Gußroheisen erzeugt.

11. Die Amberger Eisenerzlagerstätten.

Durch die Arbeiten von E. Kohler[1]) sind jetzt auch die früher von Gümbel[2]) für kretazeische Sedimente gehaltenen Amberger Eisenerze als metasomatische Bildungen erwiesen, wesentlich entstanden durch Verdrängung oberjurassischer Kalke und Dolomite.

Die schon seit 930 n. Chr. in Abbau begriffenen Lagerstätten setzen nach E. Kohler „auf den nach NW. streichenden Verwerfungslinien auf, die in der Richtung, zum Teil sogar in der unmittelbaren Fortsetzung des Pfahls den Osten der fränkischen Alp durchziehen". Die Erzmassen des Amberger Erzberges haben sich dort gebildet, wo jene gewaltige Störungslinie von einer Querverwerfung gekreuzt wird. Sie bestehen aus einer Gruppe größerer und kleinerer Nester und Linsen inmitten von Letten und Sand und stellen in ihrer Gesamtheit einen höchst unregelmäßigen, steil nach S. einfallenden Stock dar. Die Erze sind vorwiegend Brauneisenerz, zum Teil auch ein zuckerkörniger Spateisenstein. Mineralogisch interessant sind schöne Drusen von Vivianit als seltene Neubildungen. Der ganze Erz- und Lettenstock lehnt sich an die stark gefalteten und zerrütteten Gesteine verschiedener Jurastufen an und wird, wie jene, diskordant von der Kreide überlagert. Die Verdrängung des oberjurassischen Dolomites durch den Spateisenstein ist durch Übergänge zwischen beiden deutlich gemacht.

Weiter nach NW. zu bauen die Gruben vom Arzberg und am Etzmannsberg. Hier sind wiederum längs eines Verwerfungskreuzes Doggeroolithe, Malmkalke und Dolomite durch einen Erzkörper verdrängt worden. Ähnlich ist die Erzlinse der weiter westlich gelegenen Maximilianshütte an Malmkalke gebunden.

---

[1]) E. Kohler. *Die Amberger Erzlagerstätten.* Geogn. Jahreshefte, München, 1902, S. 1—50. Mit vollst. Literaturverz.

[2]) v. Gümbel. *Die Amberger Eisenerzformation.* Sitzb. d. math.-phys Cl. d. k. bayr. Ak. d. W. München, 1893, Bd. 13, H. 3, S. 293—320.

An eine zweite Hauptverwerfung, die Vilseck-Auerbacher Linie, sind die Eisenerzlagerstätten der Luitpoldzeche bei Groß-Schönbrunn und der Leoniezeche bei Auerbach gebunden. Die Erze sitzen hier zwischen den unteren Doggerschichten und den in dieses Niveau herabgezogenen Dolomiten des Malm. Sie bestehen auch hier teilweise aus Spateisenstein, in dessen Struktur diejenige des Dolomites sich widerspiegelt.

Die Amberger Eisengewinnung geht bis ins 14. Jahrhundert zurück. Schon 1367 bestanden in dieser Gegend 64 kleine Eisenhütten. Der fiskalische Bergbau dort förderte 1905 54620 t Erz.

12. Die Eisenerzlagerstätten in der unteren Kreide von Bilbao.

Die Eisenerzlagerstätten der Gegend von Bilbao an der Bay von Biskaya in Spanien sind wohl das großartigste und ökonomisch wichtigste Beispiel für metasomatische Eisenerze dieser Kategorie.

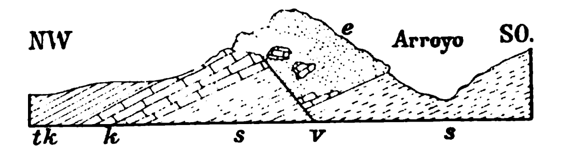


Fig. 251. *Querprofil durch die Grube Confiansa* nach de Yarza.
tk tonige Kalksteine, *k* Kalksteine, *s* Sandsteine, *v* Verwerfungsspalte, *e* Eisenerz.

Bilbao liegt am Nervionfluß, der bis 14 km von der Hafenstadt Portugalete aufwärts schiffbar ist. Die Eisenerzgruben finden sich in einer etwa 5 km breiten und 20 km langen, WNW. streichenden Zone nahe im SW. von der genannten schiffbaren Wasserstraße, bei Bilbao selbst auch auf deren NO.-Seite. Die wichtigsten Betriebspunkte sind der Reihe nach, wenn man im W. beginnt, Sommorostro, Galdames, Triano, Mora, Orconera, Miravilla, El Morro und Ollargan.

Sämtliche Lagerstätten liegen nach D. R. A. de Yarza[1]) im Gebiet der Unteren Kreideformation und sind an dickbankige Kalksteine der Urgo-Aptien-Stufe gebunden, die von glimmerreichen Sandsteinen unterlagert und häufig von mergeligen Kalksteinen desselben Alters überdeckt werden. Die Erze bilden sehr unregelmäßige Körper inmitten des Kalksteins, ersetzen ihn lokal auch gänzlich bis auf einzelne noch nicht vererzte Schollen, wie aus dem nebenstehenden Profil Fig. 251 hervorgeht. Zuweilen findet sich das Erz nur längs Klüften,

[1]) D. Ramón Adán de Yarza. *Descripción Física y Geológica de la provincia de Vizcaya.* Madrid 1892. (Mit vielen Karten und Profilen) in den Mem. de

steht überhaupt in sichtlicher Abhängigkeit von den Verwerfungsspalten, die das meist zu flachen Falten aufgestaute Kreidegebirge durchsetzen. Eruptivgesteine sind im Erzrevier selbst nicht bekannt. Eine Zone ophitischer Massen zieht erst weiter nordöstlich vorüber.

Die Erze werden dort in verschiedene Gruppen geteilt:

1. Vena, ein weiches, mulmiges, purpurrotes Roteisenerz;
2. Campanil, ein fester, kristalliner, oft von Kalkspatrhomboëdern begleiteter, jetzt fast erschöpfter Roteisenstein;
3. Rubio, ein Brauneisenerz mit kieseligen Beimengungen;
4. Hierro espatico, Spateisenstein.

Im folgenden geben wir für jede dieser Gruppen die Grenzwerte von je 5—6 charakteristischen Analysen nach den Zusammenstellungen von de Yarza:

	Vena	Campanil	Rubio	H. espatico
FeO	—	—	—	40,32—54,19
Fe_2O_3	70,12—91,70	69,51—84,01	69,93—83,75	1,71—18,49
SiO_2	1,05—7,19	3,20—6,60	2,50—14,20	0,27—5,95
Al_2O_3	0,65—1,53	2,14—3,80	0,20—3,20	0,17—1,05
Mn_2O_3	0,70—2,24	1,90—5,80	0,78—2,45	0,80—1,18
CaO	0,13—9,27	0,40—4,60	0,50—2,23	2,10—3,70
MgO	Spur—0,46	0,54—1,25	Spur—0,94	0,15—0,69
S	Spur—0,07	Spur—0,02	Spur—0,13	0,04—0,17
P	Spur—0,02	Spur—0,01	Spur—0,94	—
H_2O, CO_2 usw.	3,81—19,44	6,30—17,10	3,23—14,67	26,00—37,90
Fe	49,10—64,20	48,65—58,80	48,85—58,80	42,00—48,80

Es unterliegt wohl keinem Zweifel, daß ursprünglich alle Erze von Bilbao als Spateisenstein sich gebildet haben. Mit dem Sprichworte „La caliza es la madre del mineral" sprechen die dortigen Bergleute den genetischen Zusammenhang zwischen Kalkstein und Erz aus. Die Herkunft der eisenreichen Lösungen dagegen bleibt noch unsicher.

Die Mächtigkeit der Erzkörper ist zum Teil eine sehr bedeutende, stellenweise, z. B. am Hauptlager von Triano, steigt sie bis 30 m an.

Die Produktion der gesamten Eisenerzreviere bei Bilbao war von 1881—1895 von 2800075 bis auf 4651711 t gestiegen. Im Jahre 1905 produzierten die beiden Hauptgesellschaften zusammen 1250089 t.

---

la Com. del Mapa Geol. de Espagna. — M. S. Czyszkowski. *Explor. Géolog. de la région ferrifère de Bilbao-Sommorostro.* Alais 1879. — Vergl. auch H. Wedding. *Die Eisenerze an der Nordküste von Spanien in den Provinzen Vizcaya und Santander.* Verh. d. Ver. f. Gewerbfl. Berlin 1896, S. 293—321 und das Referat in der Z. f. pr. G., 1897, S. 254. — W. Gill. *The present position of the iron ore industries of Biscay and Santander.* Journ. of the Iron and Steel Inst. Vol. L, 2, 1897, p. 93—100.

13. Die Brauneisenerzlagerstätten am Vogelsgebirge.

Einen besonderen Eisenerztypus stellen die im Seen- und Ohmtal am Nordrand des Vogelsgebirges verbreiteten Lagerstätten dar, deren genauere Kenntnis wir H. Münster[1]) verdanken. Sie sind eng mit den Basalten jenes tertiären Vulkanes verknüpft, die in ältere Ströme von basischem Feldspatbasalt und jüngere von mehr sauerem Feldspat-Dolerit zerfallen. Die oberflächlichen Teile der älteren Basaltströme und teilweise auch von Tufflagern sind in gewissen, räumlich beschränkten Gebieten bis durchschnittlich zu 15 m Tiefe in eine von Brauneisenerzschnüren und -bändern durchzogene, scheinbar tonige Masse von gelber bis gelbroter oder graublauer Farbe umgewandelt, die ihre Entstehung aus Basalt in situ deutlich zur Schau trägt. Diese dort „Wascherzlager" genannten eluvialen Zersetzungsprodukte werden aufbereitet und daraus ein Brauneisenerz von durchschnittlich 44 % Eisen, 0,25—0,75, ja bis 2 % Mangan und etwa 0,2 % Phosphor gewonnen. Bauschanalysen des „Wascherzlagers", verglichen mit solchen des Basaltes, zeigen nach H. Münster, daß bei der Zersetzung Kalk und Magnesia nahezu verschwunden sind, Eisenoxyd und Tonerde dagegen relativ angereichert wurden. Die Tonerde setzt zum Teil ein Tonerdehydrat zusammen, wie denn Beauxite in vielen der dortigen Eisenerzgruben sehr reichlich vorkommen. Eisen hat übrigens im Zersetzungsprodukt im Verhältnis zum Aluminium eine Vermehrung erfahren.

Da diese Art der Umwandlung von Basalt verschieden ist von dessen gewöhnlicher atmosphärischer Verwitterung, hat man wohl auch an thermale Einwirkungen gedacht, für die aber ganz zwingende Beweise noch ausstehen.

Außer diesen eluvialen Lagerstätten finden sich dort auch umgelagerte Brauneisenerze, die aus der Abwaschung und natürlichen Aufbereitung solcher „Wascherzlager" hervorgegangen sind.

b) Epigenetische Erzstöcke der Manganerzformation.

1. Die Manganerzlagerstätten in Rheinpreußen, in Nassau und im Kreise Wetzlar in Hessen[2]).

In den genannten Gegenden zeigt sich die Oberfläche des mitteldevonischen Stringocephalenkalkes unter der Diluvial- oder Alluvial-

[1]) Liebrich. *Beitrag zur Kenntn. d. Beauxites vom Vogelsberge.* Diss. Gießen 1891. — F. Beyschlag. *Die Eisenerze des Vogelsberges.* Z. f. pr. G. 1897, S. 337. — H. Münster. *Die Brauneisenerzlagerst. usw. des Vogelsgebirges.* Z. f. pr. G. 1905, S. 242—258.

[2]) A. v. Klipstein. *Über die Dolomite der Lahngegenden und das Vork. von Manganerzen.* v. Dechens Archiv f. Min., 17. Bd., 1843. — C. Zerenner.

decke sehr gewöhnlich vom atmosphärischen Wasser in höchst unregelmäßiger Weise angenagt. Tiefe, schluchtartige Einschnitte, Kessel und Schlote oder flachere Rinnen und Mulden wechseln mit schroffen Kämmen und zackigen Hörnern oder breiteren Rücken und Hügeln. Der Kalkstein ist nahe seiner Oberfläche zugleich vielfach dolomitisiert. Über dem Dolomit, allen jenen mannigfachen Formen des Reliefs folgend und sich anschmiegend, nicht nur die Tiefen ausfüllend, sondern auch über die Erhöhungen hinwegziehend, lagert ein Manganerz führendes Eluvialgebilde. Zuunterst besteht es gewöhnlich, wie aus dem Profil Fig. 252 hervorgeht, aus einem bis 2 m mächtigen, fetten, hellgelben oder rötlichen Letten. Dann folgt nach oben hin ein gewöhnlich mulmiges, seltener stufiges, manganreiches Brauneisenerz mit Nestern und Putzen von reinem Manganerz. Diese mulmigen Erze werden häufig

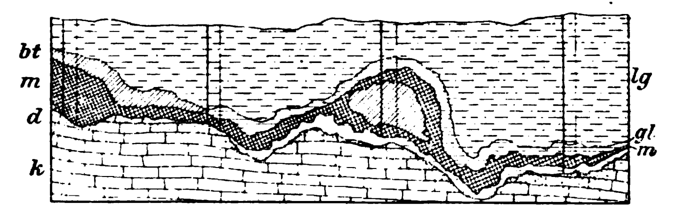


Fig. 252. *Profil der Grube Braune Liesel bei Nieder-Girmes* nach Riemann.

k Kalkstein, *d* Dolomit, *gl* gelber Letten, *m* manganreiches Brauneisenerz, *bt* brauner Ton, *lg* Letten mit Geschieben.

von braungefärbten Tonen ersetzt. Bedeckt wird das Ganze von lichtrosa gefärbten Tonen, sowie zuweilen Granden, Sanden und Lehmen

Die Braunstein- oder Manganerz-Bergbaue in Deutschland usw. Freiberg 1861. — O. Hahn. *Geogn. Beschr. des Distriktes der Lindner Mark usw.* Z. d. D. G. G., Bd. 15, 1863, S. 249. — W. Riemann. *Das Vorkommen usw. des Braunsteins im Kreise Wetzlar.* Z. f. d. B.-, H.- u. S.-W. im preuß. St., Bd. 10, 1862, S. 2—12. — Derselbe. *Eisen- und Manganerze in Nassau.* Z. f. pr. G., 1894, S. 50—57. — F. R. Wenckenbach. *Beschr. des Bergrev. Weilburg.* Bonn 1879. — A. Buchrucker. *Das Manganerz-Vork. am Hunsrück.* Jahrb. d. preuß. geol. Landesanst., 1895, 16. Bd., S. 1—9. — F. Beyschlag. *Das Manganerzvorkommen der „Lindner Mark" bei Gießen in Oberhessen.* Z. f. pr. G., 1898, S. 94—96. — R. Delkeskamp. *Schwerspatvorkommnisse in der Wetterau und in Rheinhessen und ihre Entstehung zumal in den Manganerzlagerstätten.* Notizbl. d. V. f. Erdk. Darmstadt, IV. Folge, 21. H., 1901, S. 47—83. — Derselbe. *Hessische und nassauische Manganerzlagerstätten.* Z. f. pr. G., 1901, S. 356—365 (mit viel Literaturangaben). — Bellinger. *Bemerk. über Niedertiefenbach usw.* Z. f. pr. G., 1903, S. 68—70 u. S. 237—241 mit sehr lehrreichen Profilen.

mit diluvialen Säugetierresten. Die Mächtigkeit der eigentlichen Manganerzlagermasse steigt bis 6, ja ausnahmsweise bis 12 m an.

Die in dem manganhaltigen Brauneisenerz eingeschlossenen festeren Nester von eigentlichem Manganerz bestehen aus Psilomelan, Manganit, Pyrolusit, Polianit und Wad. In ihrem Inneren gewahrt man nicht selten Hohlräume mit nierigen, traubenförmigen und stalaktitischen Bildungen oder mit Kriställchen von Manganit und Pyrolusit. Endlich kommen in diesen Erzen zuweilen Barytknollen vor, die Kristalldrusen umschließen. Versteinerungen des Stringocephalenkalkes, die in Manganerz umgewandelt sind, deuten an, daß metasomatische Vorgänge hier mit wirksam waren, und nicht lediglich Hohlräume ausgefüllt, sondern auch Kalk- und Dolomitsubstanz direkt verdrängt worden sind. Es ist wohl anzunehmen, daß die devonischen Kalksteine und Schalsteine schon ursprünglich einen Mangangehalt besaßen, der genügend groß war, um in langen Perioden der oberflächlichen Auflösung des Gesteins gleich den tonigen Rückständen und dem Eisenoxydhydrat sich zu diesen Manganerzen zu konzentrieren. J. Bellinger gibt diesen primären Gehalt zu 0,6—3% an. F. Beyschlag hält bei dem Gießener Vorkommnis die Tone für Produkte der säkularen Verwitterung von Tonschiefern oder anderen oberdevonischen Gesteinen und denkt an eine Zufuhr der Eisen- und Manganlösungen von anderswoher vermittels oberflächlich fließender Gewässer. In dem von Kalkstein gebildeten Bette dieser Gewässer habe sich dann ein Austausch zwischen dem Kalk und den Eisen- und Manganverbindungen vollzogen.

Die hangenden mächtigen Tone hält auch Delkeskamp für jüngere Bildungen wohl pliozänen Alters, deren Entstehung mit derjenigen der Manganerze nicht zusammenfällt.

Früher wurden die festen Manganerze durch eine nasse Aufbereitung von den armen Mulmen geschieden und gesondert für die Chlorbereitung in den Handel gebracht. Seit den 70er Jahren indessen werden die gesamten manganhaltigen Brauneisenerze gefördert und beim Eisenhüttenbetrieb vorzüglich als Zuschlag zu den lothringisch-luxemburgischen Minetten verwandt.

Es mögen einige Beispiele folgen:

In neuerer Zeit haben besonders die zum Bergrevier Koblenz-Wiesbaden gehörigen Manganeisenerzgruben Bedeutung erlangt, die zuletzt von W. Venator[1]),

[1]) W. Venator. *Die Deckung des Bedarfes an Manganerzen.* Stahl und Eisen, 26. Jahrg., 1906, S. 65, 140, 210.

P. Krusch[1]) und Bodifée[2]) geschildert worden sind. Nach dem Letztgenannten liegen von diesen Gruben Amalienshöhe und Concordia linksrheinisch im Soonwald, Elisenhöhe und Schloßberg rechtsrheinisch im Rheingaugebirge, beide in einem ONO. streichenden, steil nach S. einfallenden Unterdevonzug, der aus Quarziten, Tonschiefern und aufgelagerten Stringocephalenkalken aufgebaut ist. Diese Kalke sind der Sitz der Erzlagerstätten, die zum Teil durch eine mächtige Tertiärdecke verhüllt sind. Die Erze sind durchweg weiche mulmige Eisenmanganerze mit Konkretionen von Pyrolusit, Psilomelan und Manganit.

Die Grube Amalienshöhe bei Waldalgesheim, die 1905 an 17800 t gefördert hat, baut unter tertiärem Quarzsand auf einem 1—8 m mächtigen Lager zwischen Sandstein und Tonschiefer. Der etwas Schwerspat führende Mulm mit seinen bis kopfgroßen Knollen zusammen enthält nach P. Krusch 18—22 % Mangan und 28—32 % Eisen. Daneben wird ein gelblichbraunes Erz mit nur 14—18 % Mangan und 34—36 % Eisen gewonnen. Der Erzkörper ist bis 65 m Tiefe nachgewiesen.

Gelegentlich treten auch Umlagerungen dieser Manganmulme ein, wie in der in derselben Gegend, aber nördlich vom Kalkzug gelegenen Grube Concordia bei Seibersbach nachzuweisen ist. Hier enthalten die unteren Schichten einer aus Lehm, Kies, Sand und Ton aufgebauten Tertiärmulde im Tonschiefergebiet Manganerzknollen.

An eine Umlagerung und sedimentäre Ausbreitung darf man wohl auch bei dem südlichen Neuen Lager bei Oberrosbach am Taunus denken, das nach Bodifée nicht wie das nördliche Alte Lager lediglich durch Annahme einer Verdrängung erklärt werden kann.

Die oben mit aufgezählte Grube Schloßberg zwischen Aßmannshausen und Johannisberg baut auf einem 2—4, stellenweise bis 6 m mächtigen Lager. Der Produktion nach kommt sie gleich hinter Amalienshöhe.

Bei Obertiefenbach liegen die Gruben Bloser und Breiteloh. Sie bauen nach P. Krusch zunächst auf Knollen von Brauneisenstein in einem 4—6 m mächtigen Tertiärton. Unter diesem folgen die 4—6 m mächtigen Manganeisenmulme, die devonische Kalke und Schalsteine zum Liegenden haben. Die angrenzende Grube Forelle traf diese Mulme in 5—7 m, ausnahmsweise auch bis 32 m Mächtigkeit an.

In der Umgebung von Niedertiefenbach im Lahntal sind die Lagerungsverhältnisse insofern andere, als nach J. Bellinger, wie aus dem nebenstehenden Profil hervorgeht, die Manganerze zwischen dem Stringocephalenkalk und dem das Hangende bildenden Schalstein eingeschaltet sich finden. Da der Schalstein fein verteilten Kalkspat und größere Einschlüsse von Stringocephalenkalk enthält, können sich Manganerze an Stelle dieser Karbonatmassen auch innerhalb des Schalsteines selbst konzentrieren und zwar sowohl hier, wie ganz besonders im anstoßenden Kalkstein infolge der Einwirkung deszendierender, kohlensäurehaltiger Tagewässer.

Derselbe Beobachter machte darauf aufmerksam, daß auch dort, wo die Manganerzlager nicht durch Schalstein, sondern nur durch Ton bedeckt werden, doch dieser sich durch seine Struktur als in situ zersetzter Schalstein zu erkennen gibt, und ferner, daß die Erzlager zuweilen unregelmäßige Schollen von Schalstein einschließen.

Weitere Beispiele bieten die Gruben bei Limburg in Nassau, die Gruben in der Gegend von Wetzlar, wie die in Fig. 252 S. 236 dargestellte Grube „Braune Liesel" bei Nieder-Girmes und die Gruben in der Lindner Mark bei Gießen.

[1]) P. Krusch. *Unters. u. Bewert. von Erzlagerst.* 1907, S. 353—358.

[2]) Bodifée. *Über die Genesis der Eisen- und Manganerzvorkommen bei Oberrosbach im Taunus.* Z. f. pr. G., 1907, S. 309—316.

Anhangsweise mögen die ganz analogen Manganerzlagerstätten am Monte Argentario an der Südküste Toskanas erwähnt werden, die ebenfalls der zerfressenen Oberfläche eines Kalksteines aufruhen[1]).

2. Die Manganerzlagerstätten von Las Cabesses in den französischen Pyrenäen.

Die Manganerzlagerstätten von Las Cabesses und Umgebung liegen im Departement de l'Ariège zwischen den Tälern des Salat und des Ariège und sind an oberdevonische, bunt geflammte Kalksteine, Griottes genannt, gebunden, die auf beiden Seiten des Gebirges große Ver-

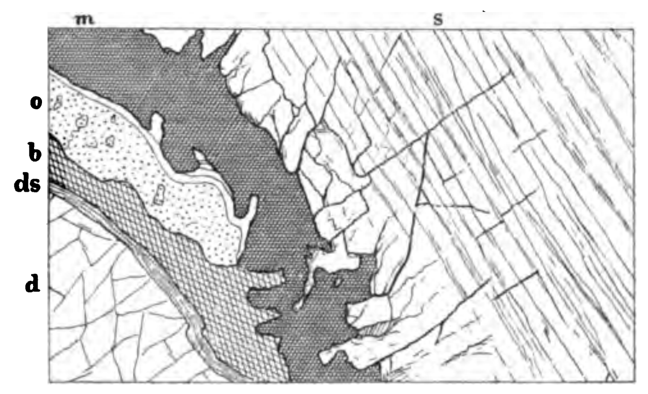


Fig. 253.
Profil aus der Grube Kröberfeld bei Niedertiefenbach nach Bellinger.
s zersetzter Schalstein, *m* Manganit- und Pyrolusitlager, 30—40 cm mächtig, *o* gelber toniger Eisenocker, *b* Braunstein mit schwarzem Mulm, *ds* Dolomitsand, *d* Dolomit.

breitung haben. Diese Kalksteine werden nach F. Klockmann[2]) von schwarzen Schiefern des Untern Kulm überlagert und von oberdevonischen Schiefern unterteuft. Ihrem Materiale nach bestehen die Lagerstätten im Ausgehenden aus Manganoxyden, schon in geringer Tiefe dagegen aus ziemlich reinen Mangankarbonaten mit nur wenig Kieselsäure und bloß Spuren von Phosphor. Als durchschnittliche Zusammensetzung ergab sich dem genannten Autor aus zahlreichen Betriebsanalysen das folgende Mittel:

Mn	40—42 Proz.	CaO	6 Proz.
Fe	1,5—2 „	SiO_2	6—7 „

P . . . . 0,04—0,05 Proz.

[1]) A. v. Groddeck. *Lagerstätten.* S. 258.

[2]) F. Klockmann. *Montangeologische Reiseskizzen.* Z. f. pr. G., 1900. S. 265—275.

Die Erze sind kompakt und ihrem Aussehen nach nur schwer von der umgebenden Griotte zu unterscheiden. In dieser bilden sie höchst unregelmäßige Stöcke und Schläuche. Das zurzeit bei Las Cabesses selbst bebaute Erzmittel besteht in oberen Teufen aus zwei Säulen mit einem Querschnitt von 50 m Länge und 12—15 m Breite. In größerer Tiefe vereinigen sich diese beiden Säulen zu einem einzigen Stock. Diese Erzmittel begleiten als Hangendes eine steil nach Süd einfallende, mit schwarzem Gangtonschiefer ausgefüllte Überschiebungskluft und werden in der Tiefe durch eine zweite, flach nach Süd einfallende, streichende Verwerfung abgeschnitten. Außerdem werden die Erzmassen von zahlreichen Querbrüchen durchsetzt. Diese letzteren sind nach Vital[1]) die Zufuhrkanäle der manganhaltigen Lösungen, die nach ihm eine metasomatische Verdrängung des Kalksteines durch Mangankarbonat veranlaßt haben. Im Gegensatz hierzu hält F. Klockmann eine Konzentration eines in dem ehemaligen Kalkschlamm primär anwesenden Mangangehaltes schon während der Sedimentation der Griotte für wahrscheinlich. Für diese Deutung scheinen uns die von ihm eingehend beschriebene Form und Anordnung der Erzmittel und ihre Beziehungen zu den angeführten Klüften nicht zu sprechen.

Hierzu sei bemerkt, daß in den Pyrenäen außerdem noch konkordant zwischen devonische Schiefer oder am Kontakt mit Kalksteinen eingelagerte Manganerzlagerstätten sich finden, besonders zwischen der Vallée d'Aure und der Vallée d'Aran. Diese Lager bestehen aus Manganoxyden, die nach der Tiefe in Rhodonit und Friedelit übergehen.

8. Die Manganerzlagerstätten im Zechsteindolomit am Odenwald.

Bei Vierstöck am Morsberg, bei Erzbach, Rohrbach, Bockenrod und Waldmichelbach[2]), sowie bei Eberbach[3]) (Baden) am Odenwald sind im Dolomit der Zechsteinformation unmittelbar unter seiner Bedeckung durch die wasserundurchlässigen Schichten des untersten Buntsandsteines eisenreiche Manganmulme bekannt, deren Hauptbestandteile Pyrolusit, Psilomelan und Brauneisenerz sind. Auch Manganspat wird erwähnt. Diese wirtschaftlich nicht eben bedeutenden Vorkommen haben durch die Untersuchungen W. Salomons, die ihre Entstehung vorzüglich geklärt haben, allgemeineres wissenschaftliches Interesse erlangt.

---

[1]) Nach einem Bericht, referiert bei Klockmann.

[2]) C. Chelius. *Erl. zur geol. Karte von Hessen.* Blatt Brensbach (1897) und Z. f. pr. G., 1904, S. 357. — G. Klemm. Blatt Erbach.

[3]) W. Salomon. *Der Zechstein von Eberbach und die Entstehung der permischen Odenwälder Manganmulme.* Z. d. D. G. G., Bd. 55, 1903, S. 419—431, mit ält. Lit.

Nach diesem Autor zeigen die Mulme von Eberbach noch ganz deutlich die Schichtung des ursprünglichen Dolomites, den sie ersetzt haben müssen. Die Dolomitschichten gehen in ihren Fortsetzungen gegen Spalten in gleichmächtige Mulmschichten über. Diese Verdrängung wird in der Weise anzunehmen sein, daß zunächst die Kalzium-Magnesiumkarbonate in Mangankarbonat übergeführt wurden, wie denn Manganspat von den Odenwälder Lagerstätten bekannt ist. Diese Mangankarbonate wurden endlich in Mulm umgesetzt. Hierbei hat nicht immer Volumenverminderung, sondern gelegentlich sogar Volumenvermehrung stattgefunden, was aus der Auffindung einer Quellfaltung bei gewissen, hell gebänderten Mulmen hervorgeht. Wären die Mulme, wie man früher annahm, Auflösungsresidua eines schwach manganhaltigen Dolomites, so würden auch die von W. Salomon entdeckten, wohlerhaltenen, aber in Mulm umgewandelten Exemplare von Schizodus obscurus Sow. unerklärlich sein, die bei der Annahme einer metasomatischen Verdrängung des Gesteins durch die Manganverbindungen aufsteigender Thermen verständlich sind. Schon Andreae hatte an solche thermale Vorgänge gedacht. Für diese sprechen nach W. Salomon der Quarz, Chalzedon und Schwerspat, welche die Manganmulme begleiten. Als Seltenheiten sind auch Kupferlasur und Malachit bekannt, und durch chemische Analyse wurden im Mulm der Grube Gottfried 0,21 % CuO, 0,30 % ZnO, 0,51 % As_2O_5, im Psilomelan von Bockenrod 0,36 % Co + Ni, in dem von Grube Georg bei Rohrbach 0,27 % Co + Ni nachgewiesen. Gewisse Dolomitpartien der Gegend sind völlig in Eisenkiesel umgewandelt, wobei ebenfalls die Versteinerungen erhalten blieben. Mineralgänge mit Eisenkiesel, Chalzedon, Baryt und Flußspat sind übrigens im Grundgebirge der Gegend wohl bekannt, wie z. B. im nahen Schriesheimer Tal. Für die thermale Entstehung dieser Manganerze, die in der Hauptsache in die Tertiärzeit versetzt werden muß, spricht endlich die wichtige Beobachtung Sauers, daß die Büttquelle, eine der Thermen von Baden-Baden, wie auch die Fettquelle noch heute unreine Manganmulme absetzt, bei deren Ausfällung Algen mitwirken. Der auf dem Zechstein auflagernde Buntsandstein mit seiner undurchlässigen Grenzschicht zwang die thermalen Absätze zu weiter horizontaler Verbreitung im Dolomit.

4. Die Manganerze auf Cuba.

Die für die Eisenindustrie der Vereinigten Staaten so wichtigen Manganerze Cubas finden sich in Santiago, der östlichen Provinz der Insel zwischen Guantanamo im O. und Manzanillo im W. Nach der

Beschreibung A. C. Spencers[1]) sind die manganführenden Schichten tertiären Alters. Auf einem älteren Komplex mit Tuffen und Basalten lagern Kalksteine und kalkige Glaukonitsande mit Foraminiferenbänken. Dieser obere Horizont enthält die aus Manganit, Pyrolusit und Wad bestehenden Manganerze. Letztere sind südlich von Cristo eng verbunden mit sehr mächtigen Jaspismassen, „Bayot" genannt. Beide scheinen die kalkigen Gesteine verdrängt zu haben, wie A. C. Spencer vermutet, als Absätze von Thermen. Östlich von Cristo liegen die Boston-Werke und die Grube Isabellita, nordöstlich die Ponupo-Gruben. An allen diesen drei Stellen befinden sich die Manganerzstöcke auf Sätteln der in kleinere Falten zusammengeschobenen Kalke und Grünsande, auch hier überall in engster räumlicher Verbindung mit Jaspis. Die Manganerzproduktion Cubas belief sich 1903 auf 21000 t.

c) Epigenetische Erzstöcke der Zinnerzformation.

1. Zinnstein in einem unterliasischen Kalkstein der Campiglia.

Eine der merkwürdigsten Zinnsteinlagerstätten, die erst neuerdings wieder aufgefunden wurde, aber schon den Bewohnern der uralten Stadt Populonia bekannt war, findet sich an dem südlichsten Ausläufer des Gebirges von Campiglia, Monte Valerio[2]) genannt. In einem von B. Lotti[3]) zum Unter-Lias gestellten Kalkstein baut man Brauneisenstein ab, der bei den Cento Camerelle und an der Cavina Partien von Zinnstein umschließt. Dieser letztere wurde später auch in reinem Kalke entdeckt.

A. Bergeat[4]) fand die zinnerzführenden Brauneisenerze außer in unregelmäßigen, vielfach verzweigten Stöcken im Kalkstein auch in Form eines Ganges im nahen Posidonienschiefer und erkannte in dem Erze neben Spuren von Malachit auch Zinnstein einschließenden Pyrit und Pseudomorphosen nach solchem. In Drusenräumen des Erzes bildet der Zinnstein Kriställchen (∞P, P, $P\infty$, $\infty P\infty$, Zwillinge nach $P\infty$) von säuligem Habitus. Wie dieser Autor bemerkt, gehört das Vorkommen

[1]) A. C. Spencer. Eng. and Min. Journ. 8, 1902 (Ref. Z. f. pr. G., 1903, S. 110—111). — H. Souder. *Mineral Deposits of Santiago, Cuba.* Trans. Am. Inst. Min. Eng. Febr. 1904.

[2]) G. vom Rath in Sitzungsber. d. Niederrh. Ges. f. Natur- und Heilk. 5. März 1877. Siehe auch Z. f. pr. G., 1894, S. 324—326. — Fr. Blanchard. *Sulla scoperta della cassiterite a Campiglia.* (Boll. geol. 1876. n. 1 e 2.)

[3]) B. Lotti. *Sulla genesi dei giacimenti metalliferi di Campiglia Marittima.* Boll. del R. Comit. geol., 1900, n. 4, 1—11.

[4]) A. Bergeat. *Beiträge zur K. d. Erzlagerstätten von Campiglia Marittima.* N. J. f. M., 1901, Bd. 1, S. 135—156.

nicht in die eigentliche Zinnerzformation, sondern zu den von uns I. S. 308 beschriebenen Übergangsgebilden.

Nur 2 1/2 km entfernt von den Zinnerzgruben kennt man nach B. Lotti eine Kuppe postliasischen Turmalingranites, deren unterirdische Fortsetzung bis zu jenen nicht ausgeschlossen ist.

Jedenfalls gehört dieses Zinnsteinvorkommen in die Gruppe der metasomatischen Lagerstätten, denn das Zinnerz hat hier ohne Zweifel den Kalkstein verdrängt.

Über die zinnsteinführenden Brauneisenerze von Cartagena in Spanien siehe I. S. 376.

2. Zinnstein im Kalkstein von Chongkat Pari, Malaka.

Nach R. A. F. Penrose jr.[1]) kommt Zinnstein mit großen Mengen von Pyrit und Arsenkies und kleineren von Kupfer- und Buntkupferkies nebst Manganspat im Kalkstein der Leh Chin Tin Mine in Chongkat Pari in Perak, Malaka, vor, und zwar teils als Imprägnation, teils in Linsen oder unregelmäßig geformten Taschen.

3. Wolframerze in einem kristallinen Kalkstein in Connecticut.

Bei Long Hill im Trumbull Kirchspiel unweit von Bridgeport in Connecticut war schon Shepard und Percival[2]) eine merkwürdige Lagerstätte von Wolframerzen bekannt, die später von A. Gurlt[3]) genauer beschrieben worden ist. Die Wolframerze haben hier kristallinen Kalkstein verdrängt und stehen in engstem genetischem Zusammenhang mit Gängen der Zinnerzformation.

Ein jüngerer metamorpher Hornblendegneis umschließt ein Lager von kristallinem Kalkstein von 10—15 m Mächtigkeit. Beide werden durchsetzt 1. von einem 1,8 m mächtigen Quarzgang, 2. einem 1 m mächtigen Topasgang mit einem beiderseitigen Salband von violettem Flußspat, Quarz, Blende und Glimmer (Margarodit), sowie mit etwas Wolframit, 3. von einem Feldspatgang (Albit mit etwas Beryll und Blende). An der Grenzfläche zwischen dem unteren Gneis und dem Kalkstein enthält der letztere im Bereiche jener Gänge ein 1—1,5 m mächtiges Lager von Scheelit, Wolframit und Wolframocker mit Quarz als Lagerart, sowie auch mit Pyrit, Epidot, Kalzit und Glimmer. Der Wolframit kommt hierbei ausschließlich als Pseudomorphose nach Scheelit vor. Zunächst war also nur wolframsaurer Kalk gebildet worden.

Größere ökonomische Bedeutung hat das Vorkommen in den letzten Jahren nicht erhalten.

[1]) R. A. F. Penrose. *Journ. of Geology.* Chicago 1903, S. 135—154.

[2]) E. U. Shepard and J. G. Percival. *Report on the Geolog. Surv. of Connecticut* 1837—1842.

[3]) A. Gurlt. *On a remarkable deposit of wolfram-ore in the U. S.* Trans. Am. Inst. Min. Eng. Vol. XXII, 1894, p. 236.

4. Wolframerze in einem kambrischen Dolomit.

Nach J. D. Irving[1]) haben sich in der Gegend von Lead City in den Black Hills von Dakota innerhalb derselben Dolomiteinlagerungen des kambrischen Sandsteines, deren Golderzfüllung weiter unten beschrieben werden wird, auch körnig-kristalline Aggregate von Wolframit angesiedelt. Sie bilden größere, flache Erzkörper, die auch etwas Quarz, Baryt und Scheelit enthalten. Wolfram führende Gänge sind in jenem Gebirge bekannt, jedoch bis jetzt nur weit abseits in den Nigger Hill und Etta Zinnrevieren.

d) Epigenetische Erzstöcke der Kupfererzformation.

1. Die Kupfererzlagerstätten von Bisbee in Arizona[2]).

Der Bisbee-Distrikt mit den beiden großen Gruben Copper Queen und Calumet and Arizona, die bis 1903 bereits an 182 Mill. kg Kupfer geliefert hatten, liegt in der Südostecke von Arizona, nahe der mexikanischen Grenze, am Ostabhange der Mule-Paß-Bergkette. Die dort vorherrschenden paläozoischen Schichten sind zu einer Synklinale gestaut, die von einer mächtigen Verwerfung (Dividend Fault) durchschnitten wird und Einbrüche von saueren Eruptiven, besonders von Granitporphyr altmesozoischen Alters, erfahren hat.

Die Erze bilden unregelmäßig plattenförmige Stöcke, die gewöhnlich parallel der bankigen Schichtung des karbonischen Kalksteines in diesem liegen und zwar in einem Abstand bis zu 350 m von der Hauptmasse des Granitporphyrs am Sacramento Hill. Auch am Kontakt selbst sind Erzstöcke nachgewiesen, die aus armen Kiesen mit Tremolit, Diopsid, Granat, Vesuvian, Quarz und Chlorit bestehen, also echt kontaktmetamorphen Charakter tragen.

Die weiter abseits vom Kontakt liegenden, jetzt im Abbau befindlichen reichen Stöcke lassen die genannten Kontaktmineralien nur teilweise erkennen. Sie sind übrigens an manchen Stellen in gewisser Beziehung abhängig von den zahlreichen Gängen und Lagergängen von Quarzporphyr, die den Kalkstein durchsetzen. Die dem Kalkstein zwischen-

---

[1]) J. D. Irving. *Wolframite in the Black Hills of South Dakota.* Trans. Am. Inst. Min. Eng. 1901.

[2]) J. Douglas. *The Copper Queen Mine.* Trans. Am. Inst. Min. Eng. Vol. XXIX, Febr. 1899. — F. L. Ransome. *The Geology and Copper-Depos. of Bisbee, Arizona.* Trans. Am. Inst. Min. Eng. Febr. 1903. — Derselbe. *The Geology and Ore Deposits of the Bisbee Quadrangel, Ar.* Profess. Pap. Nr. 21. Geol. Surv. Washington 1904.

geschalteten Erzplatten ziehen sich nämlich mitunter am Salband eines solchen Ganges in die Tiefe hinunter.

Bis 1893 verarbeitete man nur Malachit, Azurit, Kuprit und gediegen Kupfer, die mit Mangan- und Eisenerzen Nester in einem eisen- und manganreichen Letten bildeten oder Höhlungen füllten, an deren Decken auch Krusten und Stalaktiten dieser Erze angetroffen wurden. Später kamen auch die wesentlich aus Pyrit und Kupferkies bestehenden Mittel in Betracht. Zwischen jenen oxydischen und diesen primären Erzmassen hatte man reiche Anbrüche von Kupferglanz.

Ein zweites Kupfererzgebiet dieses Staates, das von Globe[1]), enthält in dem paläozoischen Globe-Kalkstein ähnliche Lagerstätten.

Das nördlich von Bisbee ebenfalls in Arizona gelegene Cochise-Grubenfeld, das in neuerer Zeit durch L. O. Kellogg[2]) untersucht worden ist, umfaßt Kupferlagerstätten kontaktmetamorpher Entstehung.

Die Kupferproduktion von Arizona hat im Jahre 1907 die bedeutende Höhe von 118100 t erreicht, 29,1 % derjenigen aller Vereinigten Staaten.

2. Die Kupfererzlagerstätten des Bingham-Distriktes in Utah.

Das neuerdings eingehend von J. M. Boutwell u. A. geschilderte[3]) Bingham-Bergrevier ist in vieler Beziehung von Interesse. Es gehört zur Oquirrh-Range, einem westlich der Wasatch-Kette hinziehenden, schmalen Gebirgszug dicht südlich vom Great Salt Lake, 30 km nördlich von dem Mercur Revier. Die NS. streichende Kette besteht aus paläozoischen, vorzüglich karbonischen Schichten. Den 3000—3600 m mächtigen, oberkarbonischen Bingham-Quarziten sind Kalke und Kalkschiefer zwischengeschaltet. In alle diese ziemlich steil aufgerichteten Schichten sind gewaltige Massen eines Augitsyenites (Monzonites) eingedrungen. An diese oder deren Nachbarschaft sind die Erzlagerstätten gebunden.

Der Monzonit selbst ist stellenweise sekundär mit goldhaltigem Kupferkies und Pyrit imprägniert, die von etwas Quarz und Kalzit begleitet werden und Serizitbildung veranlaßten.

Gänge der karbonspätigen Silber-Bleierzformation, silberreich, mit viel Fahlerz (Freibergit), selten auch mit Enargit setzen durch alle oben genannten Gesteine.

---

[1]) F. L. Ransome. *Geology of the Globe Copper District, Arizona.* Geol. Surv. Prof. Pap. 12. Washington 1903.

[2]) L. O. Kellogg. *Sketch of the Geol. and ore Deposits of the Cochise Mining District.* Econ. Geol. Vol. I, 1906, p. 651—659.

[3]) Bingham Mining District, Utah by J. M. Boutwell with A. Keit and S. F. Emmons. Profess. Pap. 38. U. S. Geol. Surv. Washington 1905.

Stockartige Linsen endlich von kupferhaltigem Pyrit mit durchschnittlich 3,3 % Kupfergehalt sitzen in dem am Monzonit zu Marmor gewordenen Kalkstein. Pyrit und Kupferkies in diesen Linsen mögen zum Teil schon während der Kontaktmetamorphose entstanden sein, denn sie sind stellenweise mit Granat verwachsen und von Magnetkies und Eisenglanz begleitet. In der Hauptsache erfolgte wohl ihre Bildung später durch Verdrängung des Kalksteins während thermaler Vorgänge. Die Linsen sind recht groß. Die größte der Highland Boy Mine ist 30 m mächtig und 120 m breit. Die fünf größten Gruben liefern täglich fast 2000 t Erz und die Gesamtlieferung 1900 betrug 101132 t. Auch diese Erze sind gold- und silberhaltig. Die Erzkörper sind nicht an die Kontakte zwischen Kalkstein und Quarzit gebunden.

Ein zweites hierher gehöriges Beispiel bildet die Kupfererzlagerstätte von Ste. Genovieve in Missouri[1]).

3. Die Blei-Kupfererzlagerstätten von Tsumeb im Otavi-Bezirk im Norden Deutsch-Südwestafrikas.

Diese wertvollste Erzlagerstätte, die bis heute in den deutschen Kolonien erschlossen ist, liegt im Norden des Hererolandes am Nordabhange der mit Wald bedeckten Otaviberge, in etwa 1300 m Meereshöhe, 68 km nördlich von Otavi. Nach verschiedenen, schon 1892 begonnenen Vorversuchen hat 1905 seit Fertigstellung der Eisenbahn ins Grubengebiet der regelmäßige Bergbau eingesetzt.

Über die Lagerungsverhältnisse ist nur wenig veröffentlicht worden. Wir halten uns an die kurze Darstellung von J. Kuntz[2]) und die ausführlicheren Beobachtungen eines Anonymus, die von W. Maucher[3]) mitgeteilt worden sind. Einiges findet man auch bei J. H. Knight[4]).

Das dortige Gebirge besteht aus einem nach P. Hermann[5]) silurischen oder devonischen Dolomit, der sehr reich an Höhlen ist. Dem Einsturz einer solchen Höhle verdankt wohl auch der den Gruben

---

[1]) F. Nicholson. *A Review of the Ste. Genovieve Copper Deposit.* Trans. Am. Inst. Min. Eng. X. Bd., 1882, p. 444.

[2]) J. Kuntz. *Kupfererz in Südwestafrika* II. Z. f. pr. G. 1904, S. 404—405. — Derselbe. *Copper Ore in South-West-Africa.* Trans. Geol. Soc. S. Africa. 1904. Vol. VII, p. 70—77, pl. XX.

[3]) W. Maucher. *Die Erzlagerstätte von Tsumeb usw.* Z. f. pr. G. 1908. S. 24—32. — Freundliche Mitteilungen des früheren Kolonialgeologen Herrn Dr. P. Hermann an den Verfasser.

[4]) H. Knight. *The Otavi Copper and Lead Mines.* The Eng. and Min. Journ. June 15. 1907, p. 1142—1143.

[5]) P. Hermann. *Beitr. zur Geologie von Deutsch-Südwestafrika.* Zeitschr. d. D. G. G. Bd. 60, 1908, Nr. 11, S. 266.

nicht zu ferne Otjikotosee seine Entstehung, dessen Wasserspiegel zur Trockenzeit 15—21 m fällt. Er hat nach P. Hermann eine Tiefe bis zu 65 m. Eine 20 km lange Hochdruckleitung liefert den Gruben seinen Inhalt.

Die Hauptlagerstätte streicht von O. nach W. in einer Länge von 168 m bei 12 m Breite und 9—10 m Höhe über Tage aus und war früher, schon von weitem gesehen, im grauen Felsengebiet als grüner Hügel auffällig. Sie zeigt im wesentlichen das Bild eines plattigen, vielfach brekzienartigen und zertrümmerten Erzkörpers, der wie die unmittelbar angrenzenden Dolomite steil aufgerichtet ist, während die Dolomite weiter abseits fast söhlig gelagert sind.

Die Zusammensetzung der ganzen Masse ist nicht gleichartig. Der hangende Teil der 10—20 m mächtigen Lagerstätte wird von dolomitisch-lettigen Erzmassen gebildet (P. Hermann), während besonders im Mittel- und Ostflügel im liegenden Teile sich eine Sandsteinmasse dazwischenschiebt. Die Erze finden sich hauptsächlich in der Grenzschicht zwischen Sandstein und Dolomit konzentriert, nur im östlichen Teile hat man in 70 m Tiefe auch im Sandstein reiche Erzmassen angefahren.

Der Sandstein ist nach Maucher in der Nähe des Erzes zuweilen seines tonigen Bindemittels beraubt, auch verkieselt und manchmal von tauben Quarzadern durchtrümert. Zuweilen enthält er ein nontronitartiges Mineral beigemengt. Der Dolomit erscheint fast dicht und hinterläßt beim Lösen Kieselsäure und eine kohlige Substanz. Auch er ist teilweise oder ganz verkieselt, wobei er einem Hornstein gleicht. Das Vorkommen eines mit den Erzen sich findenden, schwarzen, kohligen Schiefers ist nach P. Hermann vorläufig bei Otavi anstehend noch nicht bekannt. Ein graugrünes, chloritreiches, massiges Gestein, vielleicht ein zersetzter Diabas, kommt verwachsen mit Erz bei Tsumeb vor. Seine geologische Stellung ist jedoch noch nicht ermittelt.

Die Mineralogie des Erzkörpers ist in vorzüglicher Weise durch die eingehenden Untersuchungen Mauchers bekannt geworden, dem die großen an die sächsischen Hütten gelangten Erzlieferungen zum Studium zur Verfügung standen, sowie ergänzende Angaben des erwähnten Anonymus.

Im östlichen Teile herrschen danach bleireiche Erze vor mit einem mittleren Gehalt von etwa 10 % Cu, 50 % Pb, 0,5—2 % Sb, 1—2 % As, 0,02 % Ag und einer Spur Au.

Im westlichen Teile dagegen walten Kupfererze vor, deren mittlerer Gehalt sich beläuft auf 15—25 % Cu, 20—30 % Pb, 0,50 % Sb, 1—2 % As, 0,02—0,03 % Ag und einer Spur Au.

Den Ost- und Westkörper trennt eine erzarme Partie. In der Mitte der Lagerstätte verdrückt sich der lettig-dolomitische Teil fast völlig, und es herrscht das sandige Zwischenmittel mit durchschnittlich 2,9 % Cu und 4,4 % Pb. Nach der Tiefe zu nimmt dasselbe an Mächtigkeit ab.

Die primären Erze bilden mittelkörnige und völlig massige Aggregate, zeigen keine Drusen und senden Trümchen in die eingeschlossenen Nebengesteinsfragmente hinein, ohne Krusten um diese Schollen zu bilden. Am häufigsten ist der Bleiglanz. Sodann folgt Kupferglanz. Nur in untergeordneten Körnern eingesprengt sind Enargit, Stibioluzonit (arsenreicher Famatinit), Zinkblende und Pyrit. Primäre Gangarten fehlen völlig.

Ganz besonders charakteristisch für die bis jetzt abgebauten Teile der Lagerstätte sind sekundäre Mineralien. Der Bleiglanz liefert Anglesit, zuweilen in fein gebänderten Absätzen, wie auch Cerussit, Linarit und Caledonit. Enargit und Stibioluzonit verursachen mit Brochantit, Kupferlasur und Malachit durchtränkte komplexe Arseniate. Der Kupferglanz bedeckt sich gern mit Brochantit. Pyrit und andere Erze geben zur Entstehung von ockerigem Brauneisenerz Anlaß. Als Erze meist tertiärer Bildung führte Maucher Cerussit, Malachit, Caledonit, Linarit, Rotkupfererz, ged. Kupfer, Ziegelerz, Kupferpecherz und Kieselkupfererz an. Die gelbgrünen Oxydationsprodukte der arsen- und antimonhaltigen primären Erze werden von zahlreichen dunklen Spältchen und Rissen durchädert. Diese bleiben als Zellwände bis zuletzt stehen, während in den gebildeten hohlen Kammern zwischen ihnen sich ein oft zinkreicher Olivenit absetzt, vielleicht auch außerdem Klinoklas und Erinit. Als zweites Spaltungsprodukt wurden grüne, schwammige Massen eines dem Bayldonit und Chenevixit nahestehenden Minerales erkannt, weiterhin auch ein dem Mottramit verwandtes Vanadinat und Mimetesit. Die erst spät sich zersetzende Zinkblende liefert Zinkspat mit Hydrozinkit, Aurichalzit und Kalamin.

Auch am Südabhange der Otaviberge, bei Groß-Otavi, bei Klein-Otavi oder Asis, und Guchab oder Amoap sind ähnliche Lagerstätten aufgefunden worden.

Nach allem, was bis jetzt über diese Vorkommen in den Otavibergen bekannt geworden ist, sind es Verdrängungsbildungen rein hydatogenen und zwar thermalen Ursprunges. Anzeichen einer Kontaktmetamorphose fehlen gänzlich. Die Sandsteinscholle von Tsumeb und die im Hangenden und Liegenden so verschiedenartige Lagerung der Dolomite weist auf eine Bruchlinie hin, welcher die thermalen Wässer folgten.

Aus der Tsumeb-Grube sind bis zum 31. März 1908 rund 29000 t Kupferbleierze gefördert worden. Die im September 1907 in Betrieb genommene Rohhütte von Tsumeb verarbeitet täglich 30 t Erz und liefert neben Werkblei einen Kupferstein von 40 % Gehalt an Cu. Es werden täglich 10 t Kupferstein und 8 t Werkblei erzeugt. Das bleifreie Erz von Guchab gelangt direkt zur Verschiffung.

e) Epigenetische Erzstöcke der Silber-, Blei-, sowie der Zinkerzformation.

Metasomatische Erzlagerstätten dieser Art zum Teil in Verbindung mit echten Höhlenfüllungen kommen in kalkigen Gesteinen sehr verschiedener Formationen vor. Im folgenden finden sich ausführlicher beschrieben die nachstehenden Erzdistrikte:

1. Laurion 2. Thasos 3. Pinar de Bédar	im kristallinen Schiefergebirge.
4. Eureka	im Kambrium.
5. Monteponi 6. Mississippi-Tal, Missouri u. a. O.	im Silur (z. T. Karbon).
7. Iserlohn 8. Aachen 9. Picos de Europa 10. Transvaal 11. England 12. Leadville 13. Aspen 14. Utah 15. Neu-Mexiko. 16. Sierra Mojada	im Devon und Karbon.
17. Monte Calisio	im Perm.
18. Oberschlesien 19. Wiesloch 20. Raibl 21. Bleiberg	in der Trias.
22. Trèves	im Jura.
23. Mapimi	in der Kreide.

1. Die Erzlagerstätten von Laurion[1]).

Das laurische Bergland mit seinen zahlreichen Erzlagerstätten liegt im äußersten Südosten von Attika. Nach R. Lepsius besteht das dortige kristalline Grundgebirge aus dem unteren Marmor, darüber den

[1]) Wichtigste Literatur: A. Cordella. *Le Laurium.* Marseille 1871. — Derselbe. *Mineralogisch-geologische Reiseskizzen aus Griechenland.* Leipzig 1883. — R. Nasse. *Mitteilungen über die Geologie von Laurion und den dortigen Berg-*

Kaesariani-Glimmerschiefern und dem blaugrauen, dünnschichtigen oberen Marmor. Diskordant ist endlich die Kreideformation aufgelagert, die zuunterst aus dem unteren Kreidekalkstein, dem sog. Eisenkalk, zuoberst aus den grünen Athener Kreideschiefern und Mergeln sich zusammensetzt (man vergl. das Profil Fig. 254, S. 251). Der untere Marmor, derselbe, in dem die berühmten Marmorbrüche des Pentelikon angesetzt sind, tritt bei Laurion nur in den tiefsten Taleinschnitten zu Tage, bildet aber das hauptsächlichste Nebengestein in den bergmännischen Tiefbauen von Kamaresa. Charakteristisch für das Gebiet sind die sehr zahlreichen Durchbrüche von Gabbros, die mehr oder minder stark serpentinisiert sind. Zu diesen gesellt sich bei Plaka ein kleiner Granitstock, dessen Apophysen bis in die Kreidemergel hinauf dringen. Um diesen Granit herum zieht eine Kontaktzone, innerhalb welcher die Kaesariani-Glimmerschiefer sich in ein Augit-Epidot-Granatgestein umgewandelt zeigen.

Sowohl das kristalline Grundgebirge, wie die aufgelagerten Kreideschichten sind nach Lepsius „im laurischen Bergland zu einer Falte aufgebogen, deren Sattelachse in gerader Richtung durch das ganze Erzrevier vom Südstrande bei Legrana in NNO. über Kamaresa, die Rimbari-Bergkette und über den Paß von Plaka bis an die Nordostküste nach Daskalio-Niki verläuft; in diesem Sattel befinden sich die Hauptlagerstätten der Erze und der Granit von Plaka“. Die Schichten des Ostflügels fallen ganz regelmäßig sehr flach in OSO. ein, der Westflügel dagegen hat große Störungen erlitten. In den Tiefbauten unter Kamaresa, in den Serpieri- und Hilarion-Schächten, fallen die Schichten dieses Westflügels mit 50° in WNW. ein.

Für die Erzlagerstätten gewinnt im genannten Grubengebiet eine Marmorbank Bedeutung, die dort dem unteren Horizonte der Kaesariani-Schiefer eingeschaltet ist und sich nach W. zu auskeilt.

Die Erzlagerstätten bestehen nach A. Cordella 1. aus echten Gängen, 2. aus unregelmäßigen, oft lagerartigen Stöcken.

---

bau. Z. f. d. B.-, H.- u. S.-W. im preuß. St., 21. Bd., 1873, S. 12—22. Profile auf Taf. III. — B. Simonet. *Laurium.* Bull. de la Soc. de l'industrie minérale. St. Etienne 1883. II. sér. 12. Bd. S. 641ff. — R. Lepsius. *Geologie von Attika.* Berlin 1893. S. 63ff. — J. J. Binder. *Laurion. Die attischen Bergwerke im Altertum.* Laibach 1895. — M. F. *Die geologischen Verhältnisse der laurischen Erzlagerstätten.* Z. f. pr. G., 1896, S. 153. Gibt ein vollständiges Literaturverzeichnis. — A. Κορδέλλα. Ὁ μεταλλεύτικος πλοῦτος τῆς Ἑλλάδος. Ἐν Ἀθήναις. 1902. — C. v. Ernst. *Über den Bergbau im Laurion.* Mit 8 Textbildern. Jahrb. d. k. k. Bergak., Wien 1902, S. 447—501.

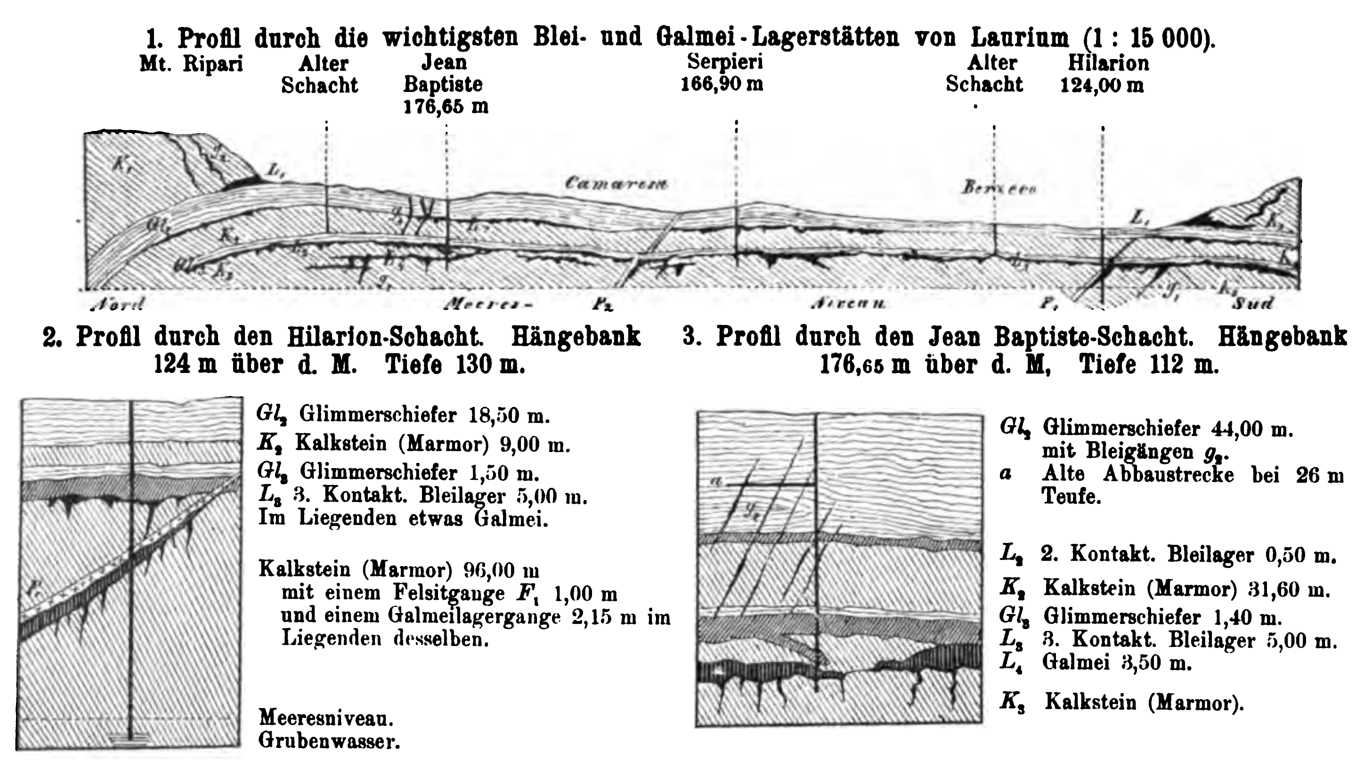


Fig. 254—256. *Profile durch die Lagerstätten von Laurion* nach A. Cordella.

Die Erzgänge wurden von den alten Griechen von den Tälern von Kamaresa und Sinterni aus abgebaut. Sie setzen im Glimmerschiefer oder im Marmor auf, streichen der erwähnten Sattelachse annähernd parallel und fallen unter 70—80° nach W. Ihre Füllung bestand, wie man sich noch überzeugen kann, aus silberhaltigem Bleiglanz, Eisen- und Kupferkies, Zinkblende, Flußspat, Kalkspat, Quarz, gelbem Gangletten und einigen sekundären Mineralien. Ihre Mächtigkeit ist unbedeutend.

Die stockförmigen Lagerstätten finden sich immer an den Grenzen von Marmor oder Kalkstein mit den Schiefern. Man unterscheidet dort drei sog.. „Kontakte":

1. Oberster	Athener Kreideschiefer. Unterer Kreidekalkstein (Eisenkalk).
2. Zweiter	Oberer Marmor (K_1 des 1. Profiles). Kaesariani-Glimmerschiefer.
3. Unterster	Kaesariani-Glimmerschiefer. Unterer Marmor (K_2 und K_3).

Auch die dem unteren Horizonte der Glimmerschiefer zwischengelagerte Marmorbank des Grubengebietes führt an ihrem „Kontakt" Erzmassen.

Das Erzmaterial an den verschiedenen Kontakten ist nicht gleichartig. Im obersten liegen lediglich manganreiche Brauneisenerze mit nur sehr wenig silberhaltigem Bleiglanz und ohne zinkische Erze vor. Der 2. und 3. Kontakt umfassen in der Hauptsache Zinkblende und Galmeilagerstätten, die aus Zinkblende, Galmei, daneben auch aus silberhaltigem Bleiglanz, Cerussit, oxydischen Kupfererzen, Eisenkies, Roteisenerz, Spateisenerz, Kalkspat, Quarz und zuweilen auch Flußspat bestehen und sonach ganz analog wie die Gänge zusammengesetzt sind. Von den unregelmäßigen Erzkörpern an den Kontakten aus setzen Trümer und zuweilen recht bedeutende stehende, nach unten zu sich verjüngende Stöcke, sog. griffons (Krallen), in den unteren Marmor hinein, wie aus den Profilen Fig. 255 und Fig. 256 hervorgeht, die wir der Darstellung von Cordella entnahmen.

Es unterliegt wohl keinem Zweifel, daß die Infiltration der laurischen Gesteine mit erzabsetzenden Lösungen von unten her zu denken ist. Da die Lagerstätten in der Nachbarschaft des Granites von Plaka am reichsten sind, dürfte ihre Genesis nach R. Lepsius u. A. mit dessen Intrusion in Zusammenhang stehen. Die Ausscheidung der Erze erfolgte in der Hauptsache durch metasomatische Verdrängung des

Marmors und besonders an solchen Stellen, wo der überlagernde Schiefer die Lösungen staute, sodaß der Umtausch zwischen dem kohlensauren Kalk und den Erzen sich hauptsächlich in der Nähe der Gesteinsgrenzen abspielen mußte. Sekundär wurden dann später die geschwefelten Zinkerze in Galmei umgewandelt.

Die uralten Bergbaue der Athener befanden sich namentlich in der Umgebung von Ergastiria und Thoriko (Porto Mandri), wo mächtige Ansammlungen von alten Bleischlacken und ausgedehnte alte Grubenhalden (Ekvoladen) Zeugnis davon ablegen. Die Bergstadt Thoriko bestand schon zu Theseus' Zeit und wurde im 24. Jahre des Peloponnesischen Krieges befestigt. Nach der Sage waren die laurischen Erze schon in dem heroischen Zeitalter bekannt. Ein Mythus läßt den Helis, einen Sohn des Oceanus, das Gold, den Erichthonius, einen Sohn Vulkans, das Silber entdecken. Nach Cordella hatten die Alten innerhalb von 300 Jahren im laurischen Revier 2100084 t Werkblei mit einem Silbergehalt von 8400000 kg erzeugt. In der neuesten Zeit wurden namentlich auch die Schlacken und das Haldenmaterial einer neuen Verarbeitung unterzogen, und neben den Bleierzen vor allem die von den Athenern nicht beachteten Galmeierze in Abbau genommen. Im Jahre 1898 wurden zu Laurion 30650 t Galmeierze gefördert.

2. Die Galmeilagerstätten der Insel Thasos[1]).

Die türkische Insel Thasos im nördlichsten Teile des Ägäischen Meeres besteht aus gefalteten Gneisen, Glimmer- und Hornblendeschiefern, sowie mächtigen Lagern von dolomitischem Marmor. Die letzteren sind der Sitz von bedeutenden Zinkerzlagerstätten, deren in neuerer Zeit eine Anzahl nahe der Westküste von neuem erschlossen worden sind. Der alte Bergbau der Phönizier und Ionier hatte sich wesentlich auf die mit jenen zusammen vorkommenden, aus silberhaltigem Bleiglanz bestehenden Erzmittel beschränkt, daneben aber auch abseits von jenen Kupfer- und Golderze abgebaut. Die wichtigsten Betriebspunkte der deutschen Firma Speidel, welche den modernen Bergbau dort betreibt, liegen der Reihe nach von N. nach S. bei Volgaro, Kasavithi, Kirasia, Sotiros, Metamorphosis und Marlou bei Kakirachi, Kumaria, Vouvès und Astris. Die bedeutendsten Vorkommen sind die von Vouvès, die wir als Beispiel im folgenden skizzieren.

Vouvès befindet sich nahe am Hafenplatz Hamidiéh, der zu der hoch in den Bergen gelegenen Ortschaft Kastro gehört. Die Gneise mit ihren Marmorlagern sind im Grubengebiet zu einer mächtigen Antiklinale zusammengeschoben, deren Achse nach NW. streicht. Diesem Sattel liegt nach SW. hin eine flache Mulde vor. Ferner ist der ganze Südwestflügel der Antiklinale längs streichender Verwerfungen abgesunken. Außerdem sind mehrere, nach NNW. bis NW. streichende Klüfte

[1]) Nach eigenen Beobachtungen an Ort und Stelle.

eingerissen. Die von dieser Faltung und Klüftung betroffene Gebirgspartie von Vouvès besteht aus feinkörnig-schuppigen grauen Gneisen, denen ein unteres und ein oberes Marmorlager eingeschaltet sind. Das letztere bildet am westlichen Gehänge der Anhöhe, auf der die Gruben liegen, die Oberfläche. Weiter unten wird es zunächst von Schieferkalken und schließlich diskordant von jungtertiären Konglomeraten und Sandsteinen überlagert. Der jetzige Abbau ist auf die Galmeimassen gerichtet, die den oberen Marmor der erwähnten Mulde in der Nachbarschaft jener

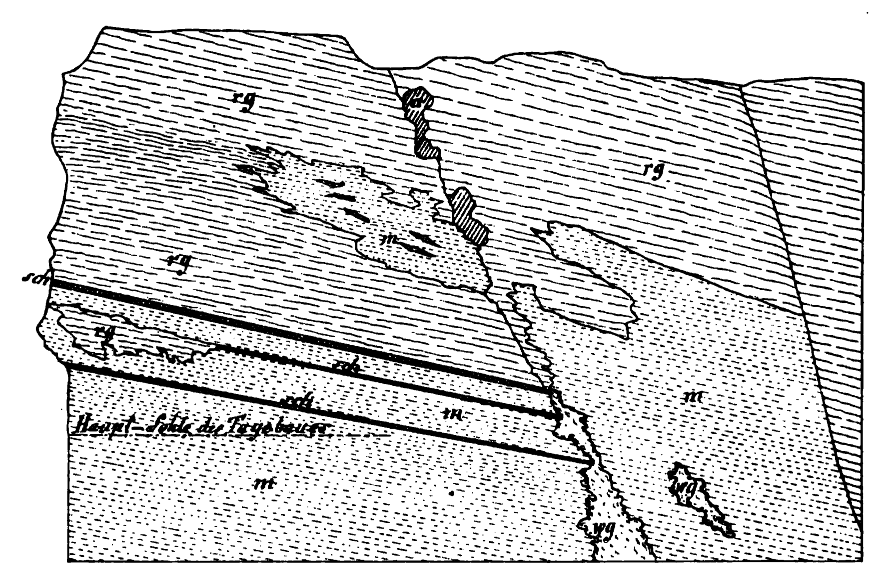


Fig. 257.
Profil am Südstoß des Großen Tagebaues von Vouvès, Höhe 20 m, Sommer 1907.
m Marmor, *sch* Schiefer, *rg* roter Galmei, *wg* weißer Galmei, *a* alte Arbeiten.

Spalten verdrängt haben. Die Abhängigkeit der Vererzung des dolomitischen Marmors von den Verwerfungsklüften wird sehr gut durch das umstehende Profil Fig. 257 illustriert, das dem Südstoß des großen obersten Tagebaues entnommen ist. Durch Schächte und Stölln ist man den Erzfällen auch in größere Tiefe gefolgt. Die beiden Hohlräume bei a in unserer Figur rühren vom Bergbau der Alten her, die hier Nestern von Bleiglanz nachgingen. Er findet sich gewöhnlich zusammen mit etwas Baryt und hat bei seiner Zersetzung zur Bildung von Cerussit, einer arsenhaltigen Bleiniere und selten auch von Anglesit und Mimetesit Anlaß gegeben. Während die Bleierze die unmittelbare Nähe der Klüfte eingehalten zu haben scheinen, greift die Vererzung

durch Zinkerze weit in das Nebengestein hinaus und erzeugt höchst unregelmäßige Erzstöcke und Nester. Zinkblende ist wenig zu sehen. Sie kommt meist in sehr dichten, lichtbraunen oder grauen Abarten vor. Sie dürfte sich mit einer Arsenverbindung, wohl einem Arsenfahlerz zusammen finden, worauf nicht nur die erwähnte Arsenbleiniere, sondern auch zierliche Adaminkriställchen hindeuten, die man in Drusen vorfindet. Die gegenüber der sehr untergeordneten Zinkblende bei weitem vorherrschenden Galmeierze sind durchweg Abänderungen des Smithsonites. Kieselzink scheint zu Vouvès zu fehlen, ist aber von Kirasia u. a. O. bekannt. Der meiste Galmei stellt eine sehr kavernöse, licht rotbraune Masse dar. Oft kommen zellige Aggregate von gelblicher Farbe vor, die mit weißlichen Zinkspatkrusten bedeckt sind. Man beobachtet, wie die Galmeischalen in den Marmor vorgedrungen sind, wobei die schmalen Lagen von gneisartigem Schiefer, die zuweilen in diesem eingeschaltet sind, durch selektive Metasomatose zunächst verschont bleiben. In seltener Schönheit wurden auch weiße und licht lachsrote Galmeiarten in großen nierigen und traubigen Massen von feinschalenförmigem Aufbau angetroffen, so besonders in den tieferen Bauen. Mitunter enthalten solche Nieren einen Kern von schneeweißem Hydrozinkit, einem Mineral, das auch als aufsitzende Kruste zuweilen sich findet. Häufig begleiten Barytkriställchen den kavernösen Galmei, ohne daß eine bestimmte Sukzession der beiden zu erkennen ist. Ausscheidungen von Kalzit und Dolomit, sowie seltener feinlagenförmige Schalen von Aragonit und dünne Krusten von Psilomelan vervollständigen dieses Bild.

Der Bergbau auf Thasos wird schon bei Herodot erwähnt (VI. 46. 5). Dieser Schriftsteller betont besonders den Goldbergbau, der aber immer gegenüber demjenigen auf Blei, Silber und Kupfer nur unbedeutend gewesen zu sein scheint. Zurzeit liefert allein Vouvès monatlich etwa 2000 t Roherz.

3. Die Erzlagerstätten des Pinar de Bédar in Spanien.

Schwierig in unser System einzureihen, vielleicht am besten noch hier unterzubringen, sind die Erzlager des Pinar de Bédar in der Provinz Almeria in Spanien. Nach W. Fr. von Fircks[1]) ist am Ostabhang der Sierra de Bédar granatführenden Glimmerschiefern und Gneisen eine vielfach brekzienartig zerdrückte Kalksteinbank eingeschaltet. Das ursprünglich kalkige Bindemittel dieser Brekzien erweist sich als von silberarmem Bleiglanz und Karbonaten des Kupfers verdrängt.

[1]) F. Frhr. von Fircks. *Über einige Erzlagerstätten der Provinz Almeria in Spanien.* Z. f. pr. G., 1906, S. 142—150.

Weiter westlich bei Serena und Tres Amigos kann man auf große Ausdehnung am Kontakt des kristallinen Kalksteins mit den kristallinen Schiefern, besonders am hangenden Kontakt ein im großen Maßstab abgebautes Lager von mulmigem Brauneisenstein verfolgen.

4. Die Silber-Bleierzlagerstätten von Eureka in Nevada [1]).

Die Gruben von Eureka und einige andere sog. „Chamber Mines" des westlichen Nordamerika, wie Richmond in Nevada, Emma, Flagstaff und Kessler Cave in Utah, die sämtlich auf Silber-Bleierzstöcken im Kalksteingebirge bauen, standen eine Zeitlang im Vordergrunde des Interesses, weil sie die ersten genauer bekannten nordamerikanischen Beispiele für unregelmäßige Erzmassen solcher Art in leicht löslichem Nebengestein waren. Besonders spielten sie lange Zeit auch bergrechtlich eine große Rolle, weil sie keiner der bei Verleihungen vorgesehenen Kategorien, weder Gängen noch echten Lagern, sich einordnen ließen und darum z. T. Veranlassung zu großen Rechtsstreiten gaben. Auch über ihre geologische Genesis entspannen sich Kämpfe, die wissenschaftlich recht fruchtbar werden sollten. J. S. Newberry behandelte sie als Beispiele echter Höhlenfüllungen und ließ die Auslaugung der Räume durch kohlensäurehaltige atmosphärische Wässer, ihre Ausfüllung mit Erzen dagegen durch aufsteigende Lösungen geschehen sein. Er stützte diese seine Ansicht besonders auch darauf, daß der Kalkstein der Wände der erzführenden Kammern („chambers") keine Erzimprägnationen zeige, und darauf, daß es in jenen Erzrevieren auch noch leere Höhlen gäbe. Später gewann jedoch die wesentlich von J. S. Curtis verteidigte Anschauung die Oberhand, daß Verdrängungsvorgänge, nicht Hohlraumfüllungen vorgeherrscht hätten, und zwar im Gefolge aufsteigender Lösungen. Was die leeren Höhlen betrifft, so wurde nachgewiesen, daß sie später gebildet seien, als die Erzkörper.

Am meisten bewegten sich alle diese Untersuchungen im Gebiete von Eureka in Nevada. Hier herrschen mit sehr reicher Gliederung und mächtiger Entwicklung paläozoische Schichten: Quarzite, Kalke und Schiefer des Kambriums, Kalke und Quarzite des Silurs, Kalke und Schiefer des Devons, Quarzite, Kalke und Konglomerate des Karbons. Die Erzlagerstätten haben den kambrischen Kalkstein zum

---

[1]) Wichtigste Literatur: R. W. Raymond. *The Eureka-Richmond case* (bergrechtliche Frage). Trans. Am. Inst. Min. Eng. VI, 1877, p. 371. — J. S. Newberry. *The Origin and Classification of Ore Deposits.* School of Mines Quarterly March 1880. New York. — J. S. Curtis. *Silver-Lead Ore Deposits of Eureka.* U. S. Geol. Surv. Monographs VII, 1884. — A. Hague. *Geology of the Eureka District.* Monographs XX, 1892. Mit Atlas.

Nebengestein und finden sich in einer stark zerdrückten und durchklüfteten Zone längs einer großen Verwerfungsspalte, auf der die Lösungen aufsteigen konnten. Die stock- oder schlauchförmigen Erzkörper, deren größter auf über 400 m Länge verfolgt wurde, bestanden in der Tiefe vorwaltend aus silberhaltigem Bleiglanz, in den oberen Regionen aus Cerussit, Anglesit, wie auch Silberhornerzen, nebst geringem Goldgehalt.

5. Die Zink- und Bleierzlagerstätten von Monteponi[1]).

Im Iglesiente, d. i. im Bezirk von Iglesias im gebirgigen südwestlichen Teil der Insel Sardinien befinden sich im paläozoischen, seiner genaueren stratigraphischen Stellung nach noch unsicheren Kalkstein großartige, schon von den Karthagern und Römern ausgebeutete Bleiglanz- (nebst Zinkblende-) und Galmei-Lagerstätten. Die Erze der Grube Monteponi bei Iglesias, der bedeutendsten der zahlreichen Bergwerke, treten in 100 m hohen Stöcken auf, die, gegen 60 an Zahl, meist an den Kontakt eines tonigen Kalksteines mit dem dolomitischen Kalkstein gebunden sind.

Es lassen sich zwei Gruppen unterscheiden: eine südliche von hauptsächlich aus Bleiglanz bestehenden Erzsäulen und eine nördliche wesentlich von Galmeistöcken.

In den Bleiglanzmitteln bricht auch etwas Blende und Pyrit mit ein. Als Gangart erscheint neben Kalzit und Dolomitspat zuweilen Quarz, meist grau gefärbt und brekzienartig (so z. B. im Livello Sella und Scavo Genieguas), auch weißer, blättriger Baryt (z. B. Albusini). Zwischen den Erzmassen und dem Kalkstein hat sich gewöhnlich eine gelbe Zone von ockerigem Letten gebildet. Wo dagegen der Bleiglanz direkt an den Kalkstein grenzt, stößt man auf Drusen mit den bekannten herrlichen Kristallen von Cerussit, Anglesit und Phosgenit. Oft bemerkt man Cerussit mit eckigen Resten noch unzersetzten Bleiglanzes.

In der unmittelbaren Nachbarschaft der Galmeistöcke ist der Kalkstein in einen feinkörnig-kristallinen, grauen oder gelblichen, zuweilen auch spätig-blätterigen Dolomit umgewandelt. Der Galmei ist

---

[1]) Wichtigste Literatur: G. Zoppi. *Descrizione geologico-mineraria dell' Iglesiente.* Sardegna 1888. — Marx. *Geogn. u. bergm. Mitteilungen über den Bergbaubezirk von Iglesias auf Sardinien.* Z. f. d. B.-, H.- u. S.-W. i. preuß. St. 40, 1892, S. 263—278. — Sehr ausführliche Schilderungen dieser und anderer sardinischer Lagerstätten siehe bei Fuchs et De Launay. *Traité des Gîtes Minéraux et Métallifères II.* 1893, p. 387—411. — *Carta Geologico-Mineraria dell' Iglesiente.* 1 : 50000 (R. Comit. Geol. d'Italia). Roma 1888. Hierbei nachzutragen für I. S. 382 unseres Werkes: *Carta Geol.-Miner. del Sarrabus.* 1 : 50000. Roma 1889. — Zur Verfügung stand außerdem eine gütigst von der Direktion (Herrn Berging. Ferraris, Monteponi) überwiesene, reiche Sammlung von Belegstücken.

vorwiegend ein von Eisenoxyd gelblich oder rötlich gefärbter Smithsonit, oft in nierig-traubigen, feinlagenförmigen, auf der Oberfläche schwarzbraunen und firnisglänzenden Gebilden. Auch finden sich Dolomitbrekzien, die mit Smithsonit verkittet sind. Daneben kommt Kieselzink vor und zwar in kavernösen Massen, in deren Hohlräumen wasserhelle Kriställchen sitzen. Zu erwähnen sind in der Galmeiregion Höhlungen mit braungelben oder ziegelroten, oft feingeschichteten mulmigen Ausfüllungen. Auch gibt es von der Erdoberfläche her ausgefüllte Klüfte, die eine mit Kalzit verkittete Brekzie aus Schieferbruchstücken und Lignitfragmenten enthalten (so z. B. in der Dislocazione Monsignore, Livello Mare).

Eruptivgesteine kennt man nur in Gestalt eines 40 m mächtigen Diabasganges an der Straße von Genieguas.

Auch sind dort weiter abseits gangförmige Erzlagerstätten bekannt, die z. T. in Granit aufsetzen, so der I. S. 382 besprochene Gangzug von Gennamari, Ingurtosu und Montevecchio nahe am Kontakt der silurischen Schiefer mit dem Granit am Hochplateau von Arbus.

Die große wirtschaftliche Bedeutung von Monteponi geht daraus hervor, daß nach E. Ferraris[1]) von 1744 bis mit 1906 daselbst 413960 t Blei und von 1850—1906 zugleich 432185 t Zink erzeugt worden sind, Ziffern, die auch in geologischer Hinsicht zur Illustration dieser mächtigen Konzentration der beiden Metalle auf einen relativ kleinen Raum von Interesse sind.

6. Die Zink- und Bleierzlagerstätten im Mississippi-Tal.

Von außerordentlich großer ökonomischer Wichtigkeit und dem höchsten wissenschaftlichen Interesse sind die schon sehr vielfach geologisch bearbeiteten[2]) Zink- und Bleierzlagerstätten des Mississippi-Tales,

---

[1]) E. Ferraris. *La Miniera di Monteponi presso Iglesias.* Dalla Nuova Antologia. Roma, 16. Juglio 1907; p. 10.

[2]) Wichtigste Literatur: J. D. Whitney. *The Metallic Wealth of the U. S.* 1854, p. 403—417. — *On the occurrence of bones and teeth in the lead-bearing crevices.* Amer. Assoc. Adv. Sc. 1859. — Rep. of the Geolog. Survey of Jowa 1855—57. — Geology of Jowa 1858. Vol. I. part. 1. p. 286—295 and 422—471. — Rep. of a Geol. Survey of the Upper Mississippi Lead Region. Albany, 1862 etc. — A. Schmidt. *Forms and Origin of the Lead and Zink Dep. of Southwest Missouri.* Trans. St. Louis Acad. of Sc. III, p. 246. — *Die Blei- und Zinkerzlagerst. von Südwest-Missouri.* Heidelberg 1876. — A. Winslow. *Lead- and Zink-Dep. of Missouri.* Trans. Am. Inst. Min. Eng. XXIV, p. 634—931. — *Lead- and Zink-Dep.* Missouri Geol. Surv., 1894, vol. VII, p. 645. — T. C. Chamberlin. *Wisconsin Geol. Surv. IV.* 1882, p. 451—482. — W. P. Blake. *Lead- and Zink-Dep. of the Miss.-Valley.* Trans. Am. Inst. Min. Eng. XXII, 1894, p. 629—632. — *Wisconsin Lead- and Zink-Dep.* Boll. Geol. Soc. Am. V, 1894, p. 28. — W. P. Jenney. *The Lead- and Zink-Dep. of the Miss.-Valley.* Trans. Am. Inst.

die größtenteils dem Silur, zum kleineren Teil dem Unterkarbon angehören, hier aber zusammengefaßt werden sollen.

Die Lagerstätten verteilen sich auf folgende Regionen des Tales (siehe eine geographische Karte!): 1. Die Erzregion des oberen Mississippi-Tales im südwestlichen Wisconsin, östlichen Jowa und nordwestlichen Illinois; 2. Die von Zentral-Missouri; 3. Die im Missouri-Kansas-Gebiet; 4. Die von Südost-Missouri; 5. Die von Nord-Arkansas; 6. Die von Süd-Illinois-Kentucky; 7. Die von Süd-Arkansas.

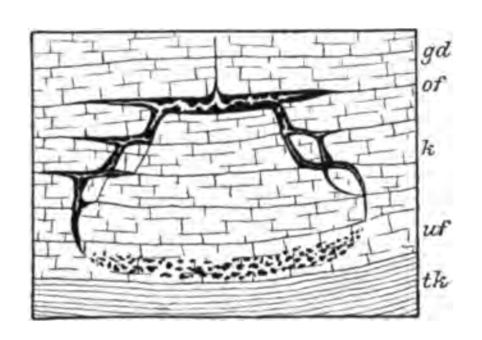


Fig. 258. *Idealer Durchschnitt durch eine Bleierzlagerstätte in Wisconsin* nach Chamberlin. *gd* Galena-Dolomit, *tk* Trenton-Kalkstein, *of* oberes Erzflötz (Upper Flat), *uf* unteres Erzflötz, *k* erzführende Klüfte.

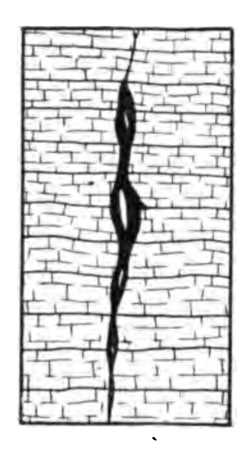


Fig. 259. *Erweiterte Kluft, mit Bleiglanz erfüllt, im Galena-Dolomit,* nach Chamberlin.

Min. Eng. XXII, 1893, p. 171, 621. — F. Pošepny. *Genesis der Erzlagerst.* Freiberg 1893, S. 157. — S. F. Emmons. *Fluorspar deposits of Southern Illinois.* Trans. Am. Inst. Min. Eng. 1893. Vol. XXI, p. 31—51. — J. D. Robertson. *Missouri Lead- and Zink-Dep.* Am. Geol. 1895, p. 235. — A. G. Leonard. *Lead- and Zink-Dep. of Jowa.* Jowa Geol. Surv. VI, 1897. — J. F. Kemp. *Ore Deposits of the U. S. and Canada* 1900, p. 240 nebst Literatur. — J. C. Branner. *The Zink- and Lead-Region of North-Arkansas.* Ann. Rep. of the Geol. Surv. of Arkansas, Vol. V, 1900. — S. Calvin and H. F. Bain. *Geol. of Dubuque County.* Ann. Rep. of the Jowa Geol. Surv. Vol. X, 1900. — W. E. Burk. *The Fluorspar-Mines of Western Kentucky and Southern Illinois.* The Min. Ind. 1901, Vol. IX, p. 293—295. — C. R. Van Hise and H. F. Bain. *Lead- and Zink-Dep. of the Miss.-Valley.* Trans. Inst. Min. Eng. London, 1902, p. 1—60 (exc.). Diese Arbeit gibt eine gedrängte Übersicht über sämtliche einzelnen Erzdistrikte des Gebietes. — H. Foster Bain. *Some Relations of Paleogeography to Ore Deposition in the Mississippi Valley.* Compte Rendu Congr. Géol. Intern. Mexico. 1906, I, p. 483—499.

Von diesen Regionen gehören die 2. und 3. in das Gebiet der Ozark-Gebirgsschwelle, die 5. zu den von dieser durch das Arkansas-Tal getrennten Ouachita-Bergen. Im Bereich dieser beiden Erhebungen sind die erzführenden Schichten flach geneigt, noch flacher in den übrigen Regionen. Eruptivmassen kommen nirgends vor.

Im oberen Mississippi-Tal sind die Erze auf das Silur beschränkt, das sich hier von oben nach unten, wie folgt, gliedert:

Cincinnati-Schiefer 60 m,
Dolomitischer Galena-Kalkstein 135 m,
Dolomitischer Ölschiefer 0,6—1 m,
Dolomitischer Trenton-Kalkstein 12—30 m (enthält Schieferlagen, besonders an der Basis),
Grünlichblauer Ton 0,3—0,6 m,
St. Peters Sandstein 15—45 m,
Unterer dolomitischer Kalkstein 30—75 m,
Kambrischer Potsdam-Sandstein 210—240 m,
Präkambrium.

Die Erze finden sich teils in senkrechten Klüften (Fig. 259), teils in erweiterten Schichtfugen, als sog. „flats" und als Ausfüllung ganz unregelmäßiger Risse (Fig. 258), endlich auch als Imprägnation gewisser Bänke. Immer sind sie an Bruchzonen gebunden. Sie häufen sich vorzugsweise in den flachen synklinalen Depressionen der Landschaft, in den Mulden der von O. nach W. streichenden Falten. Auch die Hauptstreichrichtung der Klüfte folgt diesem Streichen. Der Hauptsitz der Erzkonzentrationen in vertikaler Richtung ist der Galena-Kalkstein. Er sowohl, wie auch der Trenton-Kalk ist sehr reich an organischen Substanzen.

Die Erze bestehen über dem Grundwasserspiegel vorwiegend aus Bleiglanz und Smithsonit mit Kalzit als Gangart. Tiefer stellen sich Zinkblende und Markasit ein, Bleiglanz ist selten, ganz untergeordnet sind Pyrit und Kupferkies beigemengt. Noch tiefer verdrängt der Markasit allmählich die anderen Erze. Der Sukzession nach ist in den oberen Teufen Bleiglanz immer das jüngste Erz. Seine Kristalle kleiden die Drusen aus. Der Absatz von Bleiglanz hat hier noch in geologisch sehr neuer Zeit stattgefunden und in diesem Falle nachweisbar vermittels deszendierender Lösungen. Stieß man doch auf kaminartig erweiterte Klüfte, von deren Firste Bleiglanzstalaktiten herabhingen, und fand in Spalten nahe dem Ausstrich zu Tage Zähne und Knochen diluvialer Säugetiere, die durch grobkristallinen Bleiglanz verkittet waren.

Von den anderen Distrikten ist das Missouri-Kansas-Gebiet am bekanntesten mit den wichtigen Betriebsmittelpunkten Joplin (Miss.) und Galena (Kans.). Diese Region liegt an der westlichen Abdachung der Ozark-Schwelle. Die Erze sind in dem weiten Gebiet nur wieder auf einzelne Areale beschränkt, zwischen denen taube Zonen liegen.

Hier ist der unterkarbonische Cherokee-Kalkstein, dem häufig Bänke von Hornstein eingeschaltet sind, der Sitz der Erzmittel. Der Kalkstein wird von Denudationsresten des produktiven Karbons, Sandsteinen und Schiefern, bedeckt und allenthalben von den wasserundurchlässigen Eureka-Kinderhook-Schiefern unterlagert. Unter diesen folgt das Silur und Kambrium. Die Erzkörper sind auch hier auf Dislokationszonen beschränkt.

Die Erze sind vorzüglich Bleiglanz und Blende, minder vorwaltend Galmei (Karbonat und Silikat), ganz wenig Markasit, Eisen- und Kupferkies. Unter den Gangarten waltet Dolomitspat vor. Stellenweise trifft man auch viel Quarz und Baryt. Am Ende 1899 hatte die Totalproduktion bereits 2176700 t Zinkerze und 631200 t Bleierze erreicht. Allein der Joplin-Distrikt erzeugte 1905 252435 t Zinkerz und 31679 t Bleierz. Über dem Grundwasserspiegel beschränken sich die Erze auf Bleiglanz, Galmei und andere sekundäre Bildungen in einem roten Ton.

Der Kalkstein im Erzgebiet ist von kristalliner Struktur und stellenweise so reich an Asphalt, daß dieser bei manchen Gruben die Aufbereitung stört. In der Nähe der Erzkörper ist das an sich nicht dolomitische Gestein immer dolomitisiert. Vielleicht sind auch die Hornsteinbänke durch sekundäre Umwandlung des Kalksteins entstanden, die dann aber der Erzausscheidung vorausging, denn häufig sind Hornsteinbrekzien mit Erz verkittet. Die Form der Erzkörper ist wie im oberen Mississippi-Tal beschaffen.

Die Bedeutung der erwähnten bituminösen Beimengungen als Reduktionsmittel für Metallsulfate zu Sulfiden hat namentlich W. P. Jenney hervorgehoben. Er beschrieb auch eigentümliche sekundäre Anreicherungen von Erz aus jenem Gebiet: Rinnen und Wannen auf dem Kalkstein, erfüllt von weichem bituminösem Schlamm, der dicht eingestreut kleine Kriställchen von Blende enthält („mud-runs"). Solche Massen, die immer in geringer Tiefe unter der Oberfläche sich finden, enthalten 12—20 % reine Blende und geben sehr reiche Erträge.

Von den anderen Erzdistrikten sei hier nur erwähnt, daß im Illinois-Kentucky-Gebiet die im unterkarbonischen Kalkstein aufsetzenden Bleiglanz- und Blendegänge als Gangarten in oberen Teufen sehr viel Flußspat führen. Sie werden sogar dieses Minerals wegen

abgebaut (z. B. auf der Eagle-Grube bei Salem, Kentucky). In größerer Tiefe tritt dafür Kalzit ein. Auch ist bemerkenswert, daß im Süd-Arkansas-Distrikt die Blei- und Zinkerze zugleich mit Silber-, Gold- und Antimonerzen in echten Spaltengängen mit quarziger Gangart auftreten.

Über die Genesis aller dieser Lagerstätten sind sehr verschiedene Ansichten laut geworden. Whitney, Chamberlin und Winslow erklären die Erzlagerstätten durch die Annahme, ein primärer Metallgehalt der Kalksteine sei durch Lateral-Sekretion ausgelaugt und mittels der reduzierenden organischen Bestandteile der Schichten wieder abgesetzt worden. Die Hauptstütze hierfür sind zahlreiche Analysen von Robertson, der in sehr verschiedenen silurischen und karbonischen Kalksteinen winzige Mengen von Zink und Blei nachwies. Percival, Jenney und Blake dagegen halten die Erze für Absätze aus aszendierenden Thermalwässern, die aus unbekannter Tiefe aufstiegen. Dafür, daß die eigentliche Erzabscheidung unter dem Grundwasserspiegel aus aufsteigenden Strömungen erfolgte, treten auch Van Hise und H. F. Bain ein. Nur halten diese beiden diese Strömungen nicht für Thermen, sondern für artesisches Wasser, wie es noch heute im Silur der Erzdistrikte erbohrt wird. Dieses Wasser sei atmosphärischen Ursprungs. Von den höher gelegenen Infiltrationsgebieten aus sei es zunächst auf absteigender Bahn, nach oben und unten durch undurchlässige Schiefer abgesperrt, durch die dolomitischen Kalksteine des Silurs gerieselt und habe deren primäre minimale Metallgehalte ausgelaugt. Endlich angelangt an den Klüften der Dislokationszone, sei es aufgestiegen und habe seine Last in den bitumenreichen Horizonten wieder abgesetzt. Nur die wohl allgemein jetzt als sekundär erkannte Konzentration des Bleiglanzes in den obersten Teufen sei durch deszendierende Strömungen bewirkt worden (vergl. den späteren Abschnitt über die Zementationszone (Hutbildungen). Neuerdings endlich hat H. F. Bain die ursprüngliche Ausscheidung der Erze aus dem paläozoischen Meere wieder in den Vordergrund gestellt.

Uns spricht die Gegenwart von Baryt und Fluorit, wie überhaupt der ganze Mineralbestand der Lagerstätten, welcher demjenigen echter Silber-Bleierzgänge thermalen Ursprungs so ähnlich ist, dafür, daß die Thermaltheorie die richtige Lösung der Frage enthält, zumal da der Beweis kaum geliefert werden wird, daß die von Robertson gefundenen Zink- und Bleigehalte der Kalksteine nicht selbst durch spätere Infiltration hineingelangt sind.

7. Die Zinkerzlagerstätten von Iserlohn.

Bei Iserlohn in Westfalen hatte man nach L. Hoffmann[1]) im mitteldevonischen Stringocephalenkalk oder „Massenkalk" und zwar ausschließlich unmittelbar über seinem Liegenden, den Lenneschiefern, eine Reihe von Zinkerzlagerstätten aufgeschlossen. Sie liegen in einer Zone von 12 km Länge, die sich von Lethmathe über Iserlohn bis nach Deilinghofen hin erstreckt. Im ganzen sind 15 einzelne Lagerstätten bekannt. Ihre Begrenzung nach dem hangenden Massenkalk hin ist meist sehr unregelmäßig. Bei manchen übertrifft die Mächtigkeit die Ausdehnung im Streichen so sehr, daß sie Stöcken gleichen, die steil parallel der Schichtung des Devons geneigt sind. Die sog. „I. Kluft" z. B. mißt im Streichen der Schichten nur 3 m, in der Mächtigkeit indessen 25 m. Dabei zerfällt sie wiederum in mehrere, durch sterile Kalkschichten getrennte Bänke, welche stellenweise zusammenlaufen. Die liegendste dieser Bänke ruht unmittelbar auf den unter etwa 35° nach N. einfallenden Lenneschiefern auf.

Die Erze bestehen aus Galmei, Kieselzink, Zinkblende, Eisenkies und etwas Bleiglanz, im Ausgehenden aus Brauneisenstein. Inmitten der Erzkörper finden sich sehr gewöhnlich abgerundet erscheinende Fragmente von noch nicht vererztem Kalkstein bis mehrere Meter im Durchmesser, besonders häufig gegen die Grenzen hin. Die Blende ist häufig als Schalenblende ausgebildet, zuweilen auch mit nierig-traubiger Oberfläche und hier und da mit Zinkspatrhomboëdern überkleidet. Die Entstehung der Lagerstätten hat sonach teils durch Verdrängung des Kalksteins, teils auch durch Ausfüllung vorher ausgelaugter Hohlräume stattgefunden. Fast alle dortigen Erzkörper reichen übrigens nur bis zu mäßiger Tiefe hinab, um sich bald ganz auszukeilen. Die größte durch den Bergbau aufgeschlossene Tiefe bei der I. Kluft beträgt nur 205 m.

Der dortige Bergbau ist in den letzten Jahren eingestellt worden. Im Jahre 1894 förderten die Iserlohner Gruben 8669 t Galmei, 4185 t Blende und 77 t Bleiglanz, Ziffern, die zugleich das gegenseitige Mengenverhältnis dieser Erze illustrieren. Stellenweise hat man auch auf Schwefelkies gebaut (64 t im genannten Jahre).

---

[1]) Trainer. *Das Vorkommen des Galmeis im devonischen Kalkstein bei Iserlohn.* Verh. d. naturh. Ver. d. preuß. Rheinl. Bd. 17, 1860, S. 261. — Eichhorn. *Die Zinkerzlagerstätten bei Iserlohn.* Z. f. B.-, H.- u. S.-W. im preuß. St. Bd. 36, 1888, S. 142—149. — Stockfleth. *Der südlichste Teil des Oberbergamtsbezirkes Dortmund.* — L. Hoffmann. *Das Zinkerzvorkommen von Iserlohn.* Z. f. pr. G. 1896, S. 45—53.

Auch südöstlich von Iserlohn, bei Schwelm unweit von Barmen, werden nach H. Mentzel[1]) Galmeivorkommen abgebaut, die längs einer

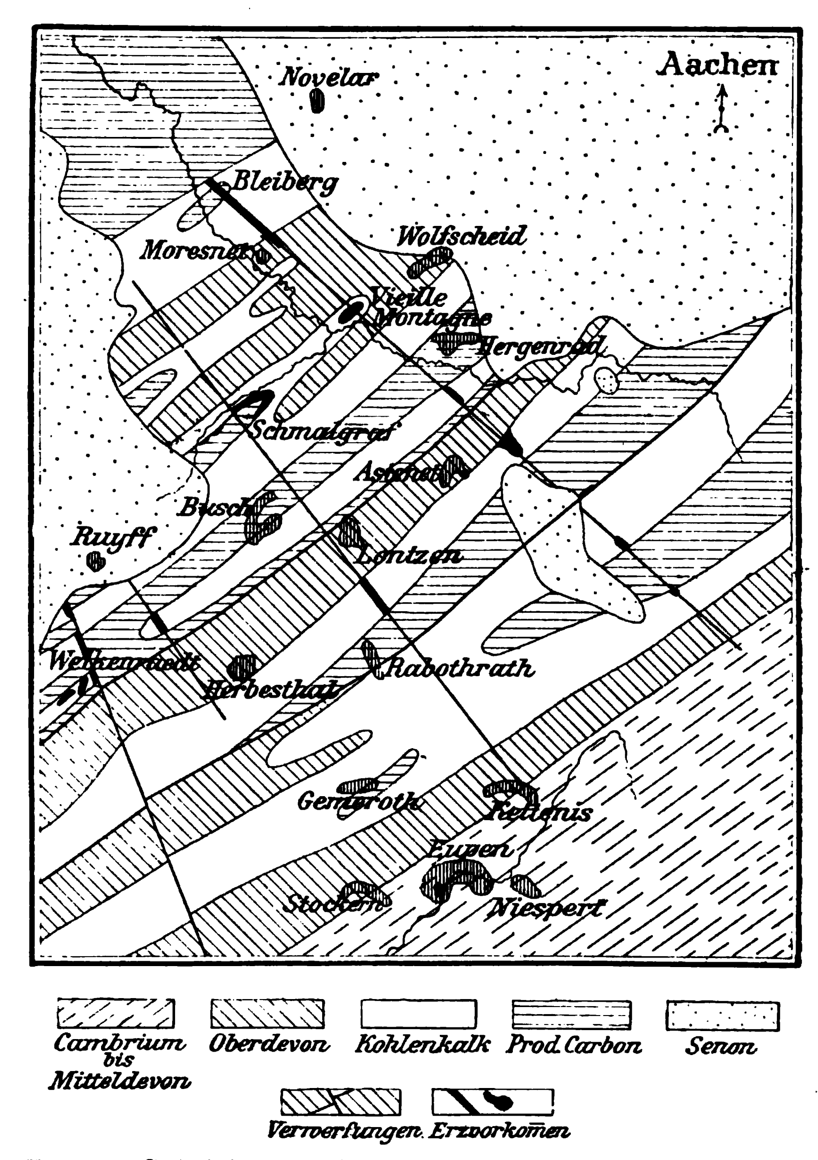


Fig. 260. *Geologische Kartenskizze des Erzrevieres südwestlich von Aachen* nach C. Dantz. — 1 : 120000.

---

[1]) H. Mentzel im Sammelwerke *„Entwicklung des Niederrhein.-Westf. Steinkohlen-Bergb."* Berlin 1903, Bd. 1. S. 222.

Verwerfungsspalte zwischen Lenneschiefer und Massenkalk im letzteren sitzen. So arbeitet die Grube Carl bei Langerfeld auf einer 350 m langen, 8—35 m mächtigen und bis 30 m Tiefe verfolgten Galmeimasse. Am Rothen Berge bei Schwelm ist dagegen nur wenig Galmei, aber viel mehr mulmiges Brauneisenerz mit Schwefelkies vorhanden.

Über ganz ähnliche Lagerstätten im devonischen Kalkstein von Bergisch-Gladbach hat von Huene[1]) berichtet.

8. Die Erzlagerstätten der Umgebung von Aachen[2]).

Bei der Schilderung der Erzlagerstätten der weiteren Umgebung von Aachen werden einer besseren Übersicht wegen auch einige sonst nicht in diese Kategorie gehörige Vorkommnisse, u. a. echte Gänge, mit eingeschlossen.

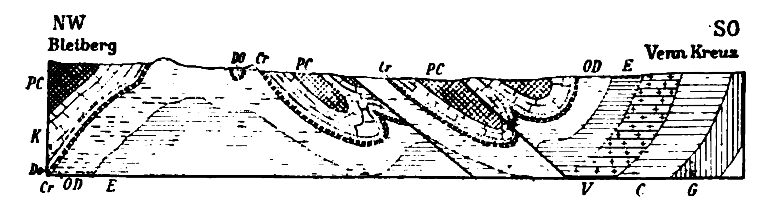


Fig. 261. *Profil von Bleiberg bis Venn Kreutz* nach C. Dantz.

PC Produktives Karbon,
K dichter Kalk, *Do* Dolomit, *Cr* Crinoïdenkalk } Kohlenkalk,
OD Oberdevon,
E Eifeler Kalk, Mitteldevon,
V Vichter Schichten, *C* Coblenzschichten, *G* Gedinnien } Unterdevon.

Betrachtet man eine geologische Übersichtskarte der Aachener Erzreviere (vergl. die Skizze Fig. 260, S. 264), so sieht man am Nordwestabhang des Hohen Venn, nordwestlich von dem zwischen der belgischen Grenze und der Gegend von Langerwehe sich ausdehnenden Kambrium, die stark gefalteten und dislozierten Schichten des Devons

---

[1]) v. Huene. *Das Vork. von Galmei, Blende, Bleierz usw. bei Bergisch-Gladbach.* Z. d. D. G. G., 4. Bd., 1852, S. 571.

[2]) Wichtigste Literatur: M. Braun. *Über die Galmeilagerstätte des Altenberges im Zusammenhang mit den Erzlagerstätten des Altenberger Grubenfeldes und der Umgegend.* Z. d. D. G. G., IX. Bd., 1857, S. 354—370. — Holzapfel und Siedamgrotzky. *Berg- und Hüttenm. Exkursionskarte in die Umgegend von Aachen.* 1886. — H. v. Dechen. *Orographisch-geognostische Übersicht von Aachen.* 1866. — W. Schiffmann. *Die geogn. Verh. und die Erzlagerstätten der Grube Diepenlinchen bei Stolberg (Rheinl.).* Z. f. d. B.-, H.- u. S.-W. im preuß. St., 36. Bd., 1888, S. 83—122. — C. Dantz. *Der Kohlenkalk in der Umgebung von Aachen.* Z. d. D. G. G., 45. Bd., 1893, S. 594—683. — Ch. Timmerhans. *Les Gîtes métallifères de la région de Moresnet.* Liège 1905, p. 1—28, avec 5 planches.

und Karbons in schmalen Streifen mit nordöstlichem Streichen zu Tage treten, während sich im Aachener Stadtwald südwestlich von der Stadt, ferner nördlich von Welkenraedt und noch in einzelnen kleineren, insularen Partien die senone Kreide mit wenig gestörter Lagerung auflegt. Vulkanische Gesteine fehlen gänzlich.

Bei genauerer Betrachtung zeigt sich, daß von jenen paläozoischen Streifen diejenigen des Unter- und Mitteldevons, nämlich das Gedinnien, die Vichter Schichten und der Stringocephalenkalk, nur einmal auftreten und zwar mit fast senkrechtem, nach NW. gerichtetem Einfallen. Das Oberdevon jedoch mit seinen Kalken, der Kohlenkalk und das produktive Karbon kehren mehrmals wieder. Ihre einzelnen Ausstrichzonen entsprechen, wie das u. a. aus der Profilskizze Fig. 261, S. 265 hervorgeht und wie dies von C. Dantz eingehend untersucht worden ist, ebenso vielen Mulden bezw. Sattelflügeln, welche besonders in der Nähe der belgischen Grenze überkippte Stellung besitzen, an zwei Stellen sogar, bei Wallhorn-Hittfeld und Herbesthal-Fossey, sich überschoben zeigen. Abgesehen von diesen Überschiebungen und anderen streichenden Störungen ist die ganze Gruppe von Sätteln und Mulden von einer Reihe von Querverwerfungen durchsetzt, unter denen namentlich der große „Münstergewand" genannte Sprung auch für die Steinkohlenmulde des nahen Inderevieres große Bedeutung besitzt.

Mit diesen Verwerfungsklüften stehen, wie ein Blick auf die Kartenskizze zeigt, die mannigfachen Erzlagerstätten des Gebietes im engsten räumlichen und ohne jeden Zweifel auch in genetischem Zusammenhang.

Es bestehen übrigens diese Dislokationen gewöhnlich aus ganzen Bündeln von Spalten, werden also besser als Spaltenzonen bezeichnet. Nach Ch. Timmerhans sind folgende, in der Richtung von NO. nach SW. aufgezählt, als Erzbringer erkannt worden:

I. Die Spaltenzone Bleiberg-Altenberg bei Moresnet-Fossey; in der Richtung nach NW.
II. Schmalgraf-Lontzen-Poppelsberg-Rabotrath-Eupen, mit Nebenzone bei Eschenbroich; nach NNW.
III. Mützhagen-Welckenraedt-Herbesthal; nach NNW.
IV. Wilcour-La Bruyère-Heggelsbrück-Heggen, mit Nebenzone von Pandour; nach NNW.

Mit diesen Namen sind zugleich die wichtigsten Betriebspunkte aufgezählt.

Von diesen Lagerstätten können zwei Typen unterschieden werden: 1. Gänge; 2. stock-, nest- und lagerartige Erzkörper innerhalb der ober-

devonischen und der Kohlenkalke und zwar fast durchweg an den Berührungsflächen mit den Nachbarsedimenten (Kontaktlagerstätten).

Die Faltung des Gebietes war in erster Linie von Einfluß deshalb, weil sie zu mehrfacher Wiederkehr günstiger Kontaktflächen Anlaß gab und, wenn auch indirekt, das Einreißen der Zufuhrspalten bedingte. Vielleicht bestehen indessen auch direkte Beziehungen zwischen Erzreichtum und Faltungsbildungen. So liegen z. B. nach Timmerhans die Lagerstätten Mützhagen, Eschenbroich, Schmalgraf und Moresnet in demselben Devontrog, dem noch weiter nach NO. hin die Thermen von Aachen entspringen.

Betrachten wir von den obengenannten beiden Lagerstättenformen zunächst

a) Die Gänge.

Im Schiefer sind sie nur schmal, 1—1,5 m mächtig; in den Kalksteinen dagegen schwellen sie stark an, so die eine Erzsäule der Spalte bei Schmalgraf bis zu 18 m, bei Eschenbroich bis zu 85 m. Im Streichen sind sie nicht sehr aushaltend mit Ausnahme von Bleiberg, dessen Erzmittel auf 5 km streichende Länge verfolgt worden sind. Nach unten hin keilte sich der Gang bei Dickenbusch schon in 85 m Teufe aus, bei Schmalgraf wurden Erzmittel noch über 132 m, bei Fossey noch über 100 m, bei Bleiberg über 180 m Teufe verfolgt. Überall sitzen viele Wässer zu. Die Füllung besteht aus Blende, Bleiglanz und Pyrit mit Kalzit, im Schiefer auch mit Quarz. Am Ausgehenden finden sich Galmei und Cerussit. Wichtig sind unter anderen die Blei- und Zinkerzgänge am Breiniger Berg bei Stolberg, unter denen der Hauptgang in weiterer Entfernung in die erwähnte große Verwerfung des Inderevieres, „Münstergewand", übergeht. Die konzentrisch-schalige Struktur der Erze und das Vorherrschen der Schalenblende gilt für diese Gänge genau so, wie für die folgenden Lagerstätten.

b) Die Kontaktlagerstätten.

Die Kontaktlagerstätten sind bei weitem die wichtigsten des Gebietes. Nicht alle liegen unmittelbar am Kontakt zwischen Kalkstein und Schiefer, wie z. B. die Erzkörper von Schmalgraf, von Lontzen, von St. Paul bei Welkenraedt, wie die meisten Galmeilager von Fossey, manche vielmehr auch mitten im Kalk, wenn auch nahe am Kontakt, wie bei Moresnet und Heggelsbrück, ausnahmsweise endlich schon innerhalb des Schiefers, wie bei Mützhagen.

Die Erze bestehen aus Sulfiden oder aus Galmei. Hierbei ist wichtig, daß fast alle reinen Galmeilager nur bis etwa 50 m Teufe an-

hielten, mit Ausnahme des Altenberges bei Moresnet, wo man erst in 110 m Tiefe das Ende erreichte.

Wie Timmerhans gezeigt hat, bestehen die Erzmassen am Dolomit aus einer Mischung von Zinkspat und Kieselzink, am Kalkstein dagegen trifft man entweder Zinkspat oder Blende, Bleiglanz und Pyrit. Das Vorkommen im Schiefer bei Mützhagen besteht in einer Imprägnation mit Sulfiden. Hierher gehört auch ein von Braun beschriebenes Lager im karbonischen Schieferton von Welkenraedt. Die Galmeimittel sind von sehr wechselndem Eisengehalt. Auch finden sich Brauneisenerzmassen, die bis zu 13 % Mangan halten. Galmei und Limonit haben als sekundäre Zersetzungsprodukte der Sulfide zu gelten. Bei dieser Umwandlung wurden zugleich die Zinkverbindungen angereichert, da die entstehenden Eisenkarbonate wegen ihrer leichteren Löslichkeit nach entlegeneren Ablagerungsorten entführt werden konnten, als die schwerer beweglichen Karbonate des Zinks. Das Kieselzink entstand nach Timmerhans durch Zufuhr von Kieselsäure aus Sickerwasser von oben, deren Eindringen der kavernöse Dolomit erleichterte. Die Menge von Kieselzink nahm bei Moresnet in der Tat von oben nach unten ab. Die Galmeistalaktiten dürften einer erneuten Auflösung von älterem Galmei entstammen.

Die sulfidischen Lagerstätten in größerer Tiefe zeigen deutliche Krustenstruktur, die andeutet, daß die thermalen Lösungen sich erst Hohlräume ausnagten, ehe der Erzabsatz begann. Hierbei erfolgten vielfach Einstürze und neue Überkrustungen. Nur selten sind Stalaktiten in situ erhalten. So sind bei der wichtigsten dieser Lagerstätten, der von Schmalgraf, konzentrisch-schalig aus den drei Sulfiden aufgebaute Nieren und warzige Klumpen, die als zerbrochene Stalaktiten zu deuten sind, in einem schwarzen Ton des produktiven Karbon verstreut. Manche zeigen sich nach erstmaliger Abbrechung von neuem überkrustet. Bei Eschenbroich haben die Krusten ein förmliches Agglomerat von Kalkblöcken umhüllt. Die überall vorkommende tonige Gangart der Erze wird als Lösungsrückstand der Kalke oder als zersetzter Schiefer gedeutet.

Daneben mögen die Sulfide in dem von Lösungen imprägnierten Karbonatgestein auch durch direkte Verdrängung sich Platz geschafft haben. Die Erhaltung eines Korallenstocks mitten im sulfidischen Zinkerz der Gruben von Engis (siehe später) wird von G. Lespineux[1])

[1]) G. Lespineux. *Étude génétique des gisements miniers des bords de la Meuse et de l'est de la province de Liège.* Publ. du Congr. Intern. des Mines. Liège 1905.

so gedeutet, daß hier der umgebende karbonische Kalkstein Molekül für Molekül verdrängt worden sei, während derselbe Forscher sonst für vorausgehende Ausnagung von Hohlräumen eintritt.

Wir haben dieses wichtige Belegstück, das uns sein Entdecker in liebenswürdiger Weise überlassen hat, ebenfalls untersucht und geben in Fig. 262 eine Photographie des polierten Querschnittes durch diesen Korallenstock wieder.

Hierzu ist zu bemerken: Die Korallenkelche selbst bestehen, wie das Mikroskop zeigt, wesentlich noch aus einem großkörnigen Kalzitaggregat, die Zwischenmasse

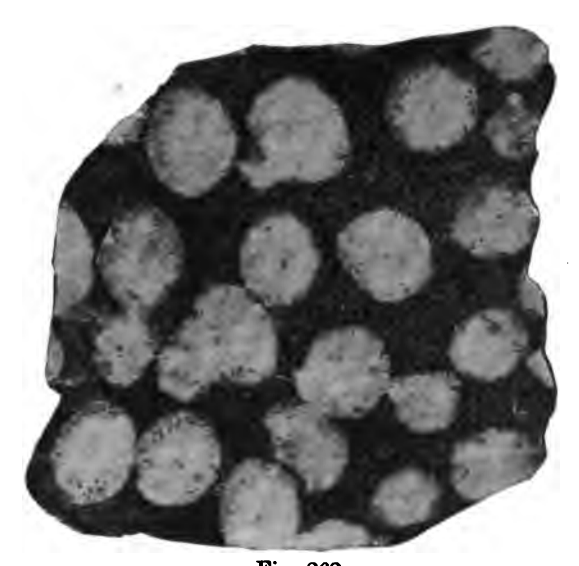


Fig. 262.
Querschnitt durch einen teilweise in Blende und Quarz versteinerten Korallenstock.
In wenig über nat. Gr.

dagegen, die auf der Figur dunkel erscheint, aus gelber Blende in kristallinen Körnchen und aus einem feinkörnigen Quarzmosaik. Einzelne größere Quarzkörnchen mit deutlich zonalem Aufbau, wie Kappenquarz, dringen in Gesellschaft von Blende in die Kalzitaggregate der Kelche vor, in deren Innern man auch ganz vereinzelte Blendekörnchen eingestreut sieht. Nur an dem Innenrande der Kelche hat sich außerdem etwas Pyrit angesiedelt. Die Septen der Kelche sind noch erkennbar.

Auf der Grube Diepenlinchen bei Stolberg z. B. haben die sulfidischen Lagerstätten die Gestalt stark erweiterter Gänge, die schließlich in breit ausladende, „Stockwerke“ genannte Erzkörper übergehen. Sie befinden sich inmitten des Kohlenkalkes unmittelbar an der Scheide mit dem Kohlenschiefer. Diese Stockwerke haben hier zum Teil sehr bedeutende Dimensionen. Das größte ist das „Brennessel-St.“. Dieses ist nach W. Schiffmann auf der 34

Lachter-Sohle des Brennesselschachtes nur als ein gangartiges Vorkommen bekannt. In größeren Tiefen nimmt es nach allen Seiten an Ausdehnung zu, bis es in der 72 Lr.-Sohle die größte Länge von 90 m und die größte Breite von 40 m erreicht. Seine Begrenzung gegen den umgebenden Kohlenkalk ist keine scharfe, das Erz verschwimmt allmählich in demselben. Nur an einigen Stellen wird es durch geschlossene Kalkbänke glatt abgeschnitten. Gegen Süden zeigt es gangartige Ausläufer, während im Innern sich mehrere nicht vererzte Kalkpfeiler befinden. Die Erzführung besteht in oberer Teufe aus Galmei, Bleiglanz, Weißbleierz und etwas Schwefelkies. Der erstere geht von der 49 Lr.-Sohle ab in Blende über, das Weißbleierz hält noch bis zur 72 Lr.-Sohle an. Der Bleiglanz verliert sich bis zur 80 Lr.-Sohle fast vollständig. Die Erze kommen im Inneren des Stockwerkes meist schalenförmig inmitten des Kalkes oder sandigen Dolomites vor, gegen den Rand des Erzkörpers hin sind sie häufig nur eingesprengt. Auf Klüften und in Drusen trifft man Kalkspat.

In umgekehrter Richtung, wie hier, sieht man das Heinrich-Stockwerk derselben Grube von oben nach unten hin in eine Reihe von gangartigen Vorkommnissen sich zusammenziehen.

Wo aber die Stöcke und Nester des Aachener Gebietes auch nicht direkt in eigentliche Gänge übergehen, wie hier, fast immer wenigstens, so konnte schon M. Braun nachweisen, liegen sie auf den Schnittlinien der oben erwähnten Verwerfungsklüfte mit den Gesteinsgrenzen zwischen den kalkigen und nicht kalkigen Gliedern des Gebirges. Ein Blick auf die Kartenskizze zeigt dies für alle die wichtigeren dortigen Lagerstätten. Und zwar liegen an der Scheide Oberdevon-Kohlenkalk nach C. Dantz die Gruben Eschenbroich, Fossey, Altenberg (alle wesentlich Galmeigruben), sowie Poppelsberg und Welkenraedt (Blende und Bleiglanz). An der Scheide Kohlenkalk-Produktives Karbon dagegen befinden sich gewisse Partien der Grube Eschenbroich (Bleiglanz und Blende), die Grube Schmalgraf (Schalenblende und Bleiglanz), Henriette bei Eich (Brauneisenstein) und einige Galmeistöcke von Welkenraedt.

Das berühmteste unter allen diesen Vorkommnissen war das bereits 1844 abgebaute vom Altenberg (Vieille Montagne) oder Kelmisberg auf dem neutralen Gebiet bei Moresnet. Der Kubikinhalt dieser Erzmasse wird von M. Braun auf 340000 cbm geschätzt. Sie hat nach Timmerhans im ganzen etwa 2 Millionen t Zinkerz geliefert. Diese mächtige Lagerstätte bestand fast ausschließlich aus Galmei, in welchem nur einzelne Nieren und Trümer von rotem Letten vorkamen. Der Altenberger Galmei stellte ein inniges Gemenge von Zinkspat und

Kieselzinkerz dar, in welchem stellenweise größere und kleinere Knauer von Willemit eingeschlossen waren. Das Kieselzink herrschte vor. In den oberen Teufen kamen häufig Drusen und größere Schlotten mit Kristallen von Zinkspat, Kieselzinkerz, Eisenzinkspat, zinkhaltigem Kalkspat, seltener von Quarz vor. Das Nebengestein war größenteils dolomitisierter Kohlenkalk, der eine zwischen devonischen Schiefern eingekeilte Mulde bildete.

Die Gesellschaft Vieille Montagne produzierte in dem belgischen Anteil ihrer Konzession (Welkenraedt, La Bruyère, Dickenbusch, Heggelsbrück, Pandour) bis 1905 ingesamt 233031 t Galmei, 27080 t Blende und 11811 t Bleierz, im preußischen Anteil (Schmalgraf, Fossey, Eschbroich, Mützhagen und Poppelsberg) bis Ende 1904 an 196543 t Galmei, 201619 t Blende und 11624 t Bleiglanz. Bleiberg hat von 1850 bis 1881 an 97543 t silberarmen Bleiglanz und 100226 t Blende geliefert.

Ganz ähnliche Lagerstätten, wie die bisher erwähnten befinden sich noch in großer Zahl im benachbarten Belgien[1]. Die meisten liegen innerhalb des Karbons des Beckens von Namur. Die Lagerstätten folgen hier dem Tale der Maas von Namur bis Lüttich. Es liegen zur Linken des Flusses die Betriebspunkte Vedrin, Vezin, Sclaigneaux, Velaine, Landenne, Couthuin, Corphalie, Ampsin, Flône, Engis, zur Rechten Lovegnée und Kinkempois. Jenseits Lüttich setzt sich diese Lagerstättenzone nach Ost zu über die Gegend von Verviers fort, um mit dem Gebiet von Moresnet zu verschmelzen.

Der Umfang dieser Vorkommnisse geht daraus hervor, daß Belgien im Jahre 1897 gegen 11000 t Zinkerz produzierte.

9. Die Galmeilagerstätten von Picos de Europa.

Im Anschluß an die Aachener Lagerstätten seien hier nur kurz erwähnt die Galmeivorkommnisse ganz analoger Art, die W. Köhler[2]) aus dem Kohlenkalk der östlichen Hälfte der Picos de Europa, in den Distrikten Andara und Aliva im nördlichen Spanien, beschrieben hat. Von dort sind u. a. schöne Stalaktitengruppen von weißem, dichtem Galmei aus höhlenartigen Weitungen bekannt, auch jugendliche Galmeiabsätze als Krusten auf altem Gezäh. Die Galmeistöcke sind auch hier an die von Klüften durchzogenen Zonen gebunden und wahrscheinlich erst sekundär aus Blende hervorgegangen, wie Knollen von noch nicht zersetzter Blende darin beweisen. Ungewöhnlich ist das akzessorische Auftreten von Zinnober auf diesen Lagerstätten.

---

[1]) Vergl. die S. 268 zitierte Arbeit von G. Lespineux.

[2]) W. Köhler. *Die Steinkohlenformation in Nord-Spanien.* B.- u. H.-Z. 1877. S. 217.

10. Die Zink-Bleilagerstätte im devonischen Malmanidolomit Südafrikas.

Auf der Farm Dornhoek bei Malmani im Transvaal sind den flach einfallenden Dolomiten der Kapformation (oder des Transvaal Systems nach Molengraaff) Manganmulme eingeschaltet, die häufig massige Klumpen von Bleiglanz und Zinkblende mit prachtvollen Drusen von Mennige, Smithsonit, Cerussit und Anglesit enthalten (F. W. Voit[1]). Über mehrere ähnliche Lagerstätten in demselben Gestein berichtet G. A. F. Molengraaff[2]).

11. Die Bleierzlagerstätten im Kohlenkalk von England.

Ein ausgedehntes Bleierzgebiet befindet sich in dem Kohlenkalkgebirge von Derbyshire[3]). Die in ihrer Gesamtheit etwa 450 m mächtigen Karbonschichten gliedern sich in dieser Landschaft wie folgt:

9. Millstone-grit (flötzleerer Sandstein) des Hangenden.
8. Schiefer des Kohlenkalks.
7. Kalkstein mit dünnen Schieferlagen, 45 m.
6. Melaphyrlager (Toadstone).
5. Dolomitischer Kalkstein mit Höhlen, 45 m.
4. Toadstone.
3. Kalkstein mit Schieferlagen, 64 m.
2. Toadstone.
1. Kalkstein mit Schieferlagen, über 76 m.

Die drei den Kohlenkalken zwischengeschalteten Melaphyrlager werden zurzeit von den meisten Autoren als Intrusivmassen von zum Teil sehr bedeutender horizontaler Erstreckung aufgefaßt. Alle diese nur schwach geneigten Schichten werden von echten Bleiglanzgängen (rakes, rake-veins) durchschnitten, die aber fast ohne Ausnahmen nur innerhalb der Kalksteine erzführend sind, während sie im Millstone-grit und im Toadstone vertauben und zuweilen überhaupt schwer nachzuweisen sind. Sie kennzeichnen sich übrigens zum Teil als echte Verwerfungsklüfte mit Rutschflächen und mäßig großen beiderseitigen Verschiebungen. Die meisten streichen untereinander parallel nach ONO. Ihre zuweilen regelmäßig symmetrisch angeordnete Füllung besteht aus Bleiglanz, Flußspat, Kalkspat und Schwerspat, seltener auch aus Quarz, Kiesen und Blende. Außerdem bilden aber diese Erze inmitten des Kalksteins auch lagerartige Körper (flats) oder Röhrengänge (pipe-veins), d. s. unregelmäßige Erzschläuche längs den Kreuzlinien der Gänge mit

---

[1]) F. W. Voit. *Nutzbare Lagerst. Südafrikas.* Z. f. pr. G. 1908. S. 37.

[2]) G. A. F. Molengraaff. *Geology of the Transvaal.* 1904. S. 33.

[3]) B. v. Cotta. *Erzlagerstätten.* II. Bd. 1861. S. 494—498. Nebst älterer Literatur von Brochant de Villiers, Dufrénoy, E. de Beaumont und De la Bèche.

den Schichtfugen. Diese letzteren waren der Anlaß, daß wir diese Erzlagerstätten hier einreihten. Endlich finden sich Erze zerstreut auf den Querrissen der Kalksteinbänke (skrins).

Ähnlich sind die Verhältnisse der Bleierzreviere im Kohlenkalkgebirge des äußersten Nordens von England[1]) in Northumberland, Durham, Cumberland und Westmoreland, nur mit dem Unterschied, daß hier der Bergbau auf den Gängen noch weit mehr über den auf jenen stockförmigen Gebilden vorwaltet, als es schon in Derbyshire der Fall ist. Die wichtigsten Gruben liegen bei Alston Moore (Cumberland), East und West Allendale (Northumberland), Weardale am oberen Wear-Fluß und Teesdale (Yorkshire und Westmoreland). Das Generalprofil weicht von dem in Derbyshire insofern ab, als nur ein Intrusivlager von Melaphyr, der tektonisch berühmte Whin Sill, dem Kohlenkalk zwischengeschaltet ist. Die Bleierzgänge sind nach ihrem Streichen in Gruppen geteilt worden: „Rake veins" oder „Right-running veins", die annähernd OW. streichen, „cross-veins", die NS. streichen, und die nur schmalen „quarterpoint-veins" mit intermediärem Streichen. Außerdem hat man auch hier die „flats", der Schichtung des Kohlenkalks parallele Stöcke, die oft nicht direkt, sondern nur mittels Nebenklüften („leaders") mit den Gängen zusammenhängen. Die Erze und Gangarten bestehen aus Eisenkies, Blende, Bleiglanz, Quarz, Kalkspat, Flußspat und Schwerspat. Der Bleiglanz ist silberhaltig. Im Jahre 1894 stellte sich die Produktion nach H. Louis wie folgt:

	Bleierze	Zinkerze
Northumberland	1042 t	10 t
Durham	9214 t	—
Cumberland	1750 t	7228 t
Westmoreland	1461 t	—

Gegenwärtig ist die Grube Mill Close in Derbyshire die ertragreichste.

12. Die Silber-Bleierzlager von Leadville in Colorado[2]).

Leadville in Colorado liegt in einem Hochtale der Felsengebirge, das von dem Hauptquellfluß des Arkansas durchströmt wird. Dieses

[1]) Phillips-Louis. *Ore Deposits.* 1896. p. 269—279. Nebst älterer Literatur.

[2]) Wichtigste Literatur: S. F. Emmons. *Geology and Mining Industry of Leadville.* U. S. Geol. Surv. Monogr. XII. With Atlas. 1886. — F. T. Freeland. *The Sulphide deposits of South Iron-hill.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., XIV, 1885, p. 181. — Ch. M. Rolker. *The Leadville Ore Deposits.* Ebenda. p. 273. — C. Henrich. *The Character of the Leadville Ore Deposits.* Eng. and Min. Journ., Dez. 1879, p. 470. — Derselbe. *Origin of the Leadville Deposits.* Ebenda. Mai

Tal, ein Längstal, wird im W. von der Sawatch-Kette, im O. von der Mosquito Range begrenzt, auf deren Vorbergen die Stadt erbaut ist. Dieses Mosquito-Gebirge besteht aus älteren kristallinen Gesteinen und äußerst stark gefalteten, sowie vielfach von Verwerfungen durchsetzten paläozoischen Schichten, in deren Gefüge gegen das Ende der Kreidezeit Eruptivmassen, besonders Quarzporphyre, eingedrungen sind. Die Gruben liegen östlich von Leadville auf den drei Hügeln Fryer, Carbonate und Iron. Auch in der Stadt selbst ist man in neuerer Zeit mit einem tiefen Schacht bis auf die Lagerstätten niedergegangen. Diese liegen größtenteils innerhalb eines blaugrauen karbonischen Kalksteines, und zwar zumeist unmittelbar im Liegenden porphyrischer Intrusivmassen. Doch sind auch in dem devonischen Parting-Quarzit und in dem silurischen weißen Kalkstein, ja sogar im oberen Teil des kambrischen Quarzites Erzlager erschlossen worden. Die wenigen Beispiele für Erzlager inmitten des Porphyrs sind allem Anschein nach nur vererzte Einschlüsse des Kalksteines inmitten der Eruptivmassen. Ein Blick auf die horizontale Verbreitung der Erzkörper lehrt nach S. F. Emmons, daß diese sichtlich in kausalem Zusammenhang mit der Anordnung der Intrusivplatten des sog. grauen Porphyrs steht, der als ein Monzonitporphyr bezw. Quarz-Monzonitporphyr aufgefaßt wird. Die neuesten genauen Aufnahmen, deren Ergebnisse demnächst in einer erneuten Monographie niedergelegt werden sollen, haben eine sehr große Häufigkeit von Verwerfungen kennen gelehrt, die sowohl die Eruptivplatten, wie die Erzmassen betroffen haben. Da diese Verwerfungen präkretazeischen Alters sind, muß auch die Vererzung vor der Kreideperiode erfolgt sein. (Bull. 320.) Die Lagerungsverhältnisse werden gut durch das Profil Fig. 263 illustriert. Der Form nach bilden die Lagerstätten unregelmäßige Stöcke, die im allgemeinen zwar der Schichtung des Kalksteins parallel verlaufen, vielfach aber auch die Bänke überschneiden oder insulare, noch nicht vererzte Kalksteinpartien umschließen. Zuweilen nehmen diese Stöcke so langgestreckte Gestalt an, daß sie als Schläuche bezeichnet worden sind.

Ihrer Zusammensetzung nach waren die Erze ursprünglich ausschließlich Sulfide, in der Hauptsache silberhaltiger Bleiglanz, untergeordnet auch Zinkblende, Kupferkies u. a. Seinen Hauptruhm verdankt indessen Leadville den reichen oxydischen Erzen, die aus jenen hervor-

1888, p. 43. — A. A. Blow. *The geology and ore-deposits of Iron-hill.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., XVIII, 1889, p. 145. — J. F. Kemp. *Ore Deposits.* III. Ed. 1900, p. 262—265. — S. F. Emmons and J. D. Irving. *The Downtown district of Leadville.* Col. Bull. 320. U. S. Geol. Surv. 1907.

gegangen sind und früher ausschließlich abgebaut wurden. Es sind dies erdige Karbonate von Blei mit Hornsilbererz vermischt, die in einem lettigen oder kieseligen, manganreichen Brauneisenerz eingeschlossen sind. Diese oxydischen Erze sind auch mehr oder weniger goldhaltig. Es wurden sogar 1891—1892 in ein paar weiter östlich von der Stadt gelegenen Gruben Erzkörper aufgeschlossen, bei denen der Goldwert den Wert des Silbergehaltes weit überstieg.

Schon der Hauptmonograph von Leadville, S. F. Emmons, hatte die eigentliche Natur dieser Lagerstätten als Verdrängungsbildungen erkannt. Anfangs (1882) schrieb er sie der Tätigkeit von Lösungen zu, die von oben her gekommen seien und die Metallverbindungen aus dem eruptiven Nebengestein ausgelaugt hätten. Später

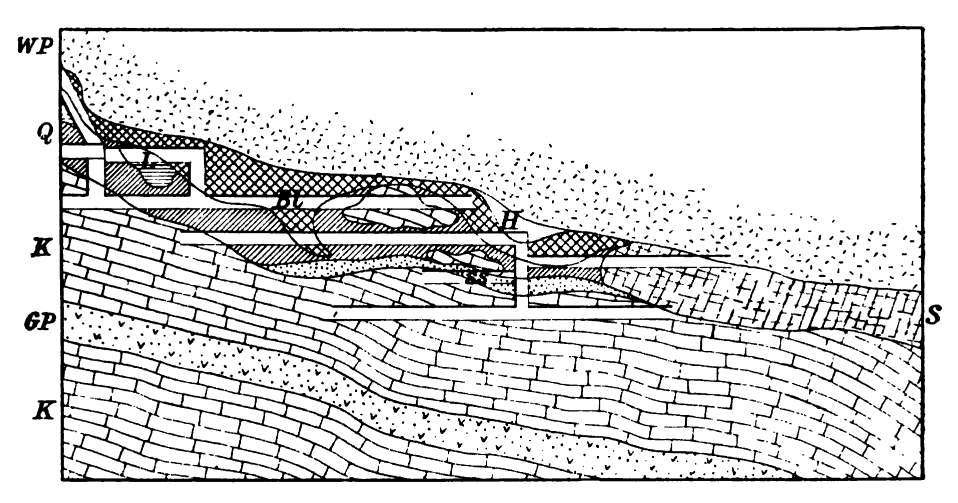


Fig. 263. *Profil durch das White Cap-Erzlager zu Leadville* nach Blow.

WP Weißer Porphyr,
K Kalkstein,
GP grauer Porphyr,
S sulfidisches Erz,
Q quarzige Gangart,
ss sulfidisches Erz von sandiger Beschaffenheit,
Bl oxydisches Bleierz,
L Letten,
H Höhlung.

(1886) verwahrte er sich dagegen, in diesen Gesteinen den Ursitz der Metalle zu sehen, sondern meinte, nur den nächsten Weg der Erzlösungen damit bezeichnet zu haben. Sodann hat A. A. Blow die Erzabsätze aus der Tiefe aufsteigenden Wässern zugeschrieben. Die Bedeutung der Eruptivmassen liegt hiernach bloß darin, daß sie diese Lösungen stauten und zur Stagnation inmitten des angrenzenden Kalksteins veranlaßten. Demgegenüber vermißt S. F. Emmons größere Zugangskanäle, die in große Tiefe hinabführen, er kennt vielmehr nur unbedeutende Klüfte. Aus diesem Grunde hält er zurzeit (1907) mit seiner Ansicht über die Zugangswege noch zurück, verweist aber schon jetzt auf die Möglichkeit, daß magmatische Wässer die Metalle brachten, aber nicht unmittelbar nach oben führten, sondern den Eruptionslinien der Porphyre folgten und mit den porphyrischen Magmen alsdann seitlich in das Schichtengebäude Einlaß fanden.

Die Silber-Bleierzlagerstätten von Leadville wurden 1874 fündig. Der Bergbau hatte darauf seine höchste Blüte im Jahre 1880 erreicht, ist aber auch noch heutigen Tages von größter Bedeutung. Hat doch der Leadville-Distrikt 1905 22000 metr. Tons Erz im Werte von $2^1/_2$ Mill. Dollar geliefert.

Analoge Verhältnisse, wie die von Leadville, zeigen manche der Silber-Bleierzlagerstätten von Lake Valley[1]) in Neu-Mexiko, die ebenfalls in einem karbonischen Kalkstein am Kontakt mit porphyrischen Intrusivmassen liegende Stöcke und Schläuche bilden. Lake Valley hat viele seltene Mineralien geliefert, wie Vanadinit u. a. Über die ebenfalls verwandten Lagerstätten der Elkhorn Mine, Montana, siehe I. S. 163.

18. Die Silber-Bleierzlagerstätten im Aspen-Distrikt in Colorado.

Durch die ausführliche Monographie von J. E. Spurr[2]) ist die Aufmerksamkeit auf die interessanten Lagerstätten von Aspen gelenkt worden. Dieses liegt auf der Westseite der Wasserscheide des Kontinents, im Tale von Roaring Fork, nahe an der Grenze des kristallinen Schiefergebirges mit dem Paläozoikum. Die Schichten des Kambriums, Silurs, Karbons und der mesozoischen Formationen sind hier zur Kreidezeit zu einer überkippten Falte zusammengeschoben worden. Neben der Faltung ging die Bildung von Überschiebungen und senkrechten Verwerfungsklüften einher. Dort, wo zwei solche parallele Überschiebungsflächen im karbonischen Leadville-Kalkstein nahe der Überlagerung durch die ebenfalls karbonischen Weberschiefer mit einer senkrechten Hauptverwerfung sich kreuzen, sind zerrüttete Kalksteinpartien von Erz verdrängt worden. Die Erze bestehen in unzersetztem Zustand aus silberhaltigem Bleiglanz, mehr untergeordnet auch aus Zinkblende, noch seltener aus Eisenkies, Kupferkies, Buntkupferkies, Tetraëdrit, Tennantit, in den Smuggler Gruben auch aus Polybasit und gediegen Silber. Die Gangarten sind Quarz, Dolomitspat, Braunspat und Schwerspat. In den oberen Regionen herrschen erdige Karbonate und Sulfate, besonders Cerussit und Anglesit, neben Rot- und Brauneisenerz.

Der Vorgang des allmählichen Ersatzes von Kalkstein oder Dolomit durch Erze wird im Aspen-Distrikt gut durch Petrefakten inmitten der Erzmassen illustriert. Man trifft solche nicht nur inmitten des primären sulfidischen Erzgemisches, sondern sogar auch inmitten wohl sekundärer Massen von gediegen Silber haben einzelne ihre Gestalt erhalten können.

Der Bergbau im Aspen-Distrikt datiert erst seit dem Jahre 1879. Die Förderung betrug 1905 rund 10000 metr. t.

---

[1]) E. Clark. *The Silver Mines of Lake Valley.* Trans. Am. Inst. Min. Eng. XXIV, 1894. — Siehe ferner den Abschnitt 15, S. 277.

[2]) J. E. Spurr. *Geology of the Aspen Mining District, Colorado.* With Atlas. U. S. Geolog. Survey Monographs, Vol. XXXI, 1898.

14. Die Silber-Bleierzvorkommen der Ontario- und Daly-Gruben in Utah.

Dieses Erzgebiet liegt südöstlich von Salt Lake City im Wasatch-Gebirge auf der Wasserscheide zwischen dem nach N. fließenden Weberfluß und dem nach S. strömenden Provofluß. Es stellt eine etwa 16 km lange, nach ONO. streichende Zone dar, worin die Bergstädte Park City und Alta die Hauptpunkte darstellen. Die wichtigsten Gruben sind, von nach SW. hin sich aneinander reihend, die Ontario-, die Daly-, die Daly NO. West and Anchor- und die Daly Judge-Mine, die zusammen bis 1903 eine Ausbeute im Werte von mehr als 50 Millionen Dollars geliefert hatten.

In seltener Weise ist hier nach den Arbeiten von W. P. Jenney[1]) die Abhängigkeit der Vererzung von Gesteinsbänken von der Tektonik des Gebietes ausgesprochen. Unter dem schwarzen Kalkstein des Oberkarbon traf man in den bis weit über 600 m tiefen Bergwerken zunächst eine graue Kalksteinbank, darunter einen oberen Quarzit und einen kieseligen Kalkstein an, hierunter einen mächtigen unterkarbonischen Quarzit, ganz im Liegenden endlich einen älteren Kalkstein. Dieses gesamte, nur schwach geneigte Schichtensystem ist durch Verwerfungsspalten förmlich zerstückelt. Diese übrigens seigeren Spalten, an sich meist erzleer oder erzarm, stellen die Kanäle dar, auf welchen die metallhaltigen Lösungen aus der Tiefe herauf geleitet wurden, um teils in mächtige Gangspalten einzutreten (Daly- und Ontario-Gänge), teils die graue Kalksteinbank über dem oberen Quarzit zu infiltrieren, in beiden aber reiche Erzabsätze der gleichen Art, nämlich Silber-Bleierze zu hinterlassen. Wo die Karbonschichten dagegen ungestört sind, fehlt jede Erzführung.

Die mineralogische Zusammensetzung der Erze entspricht derjenigen einer besonders edlen kiesig-blendigen Bleierzformation.

Die Daly West Comp. lieferte 1905 nach P. Krusch[2]) 129347 t Erz und verschiffte 7614,9 t Blei, 4097,9 t Zink, 556,5 t Kupfer, 55836 kg Silber und 43,447 kg Gold.

15. Die Silbererzlager von Lake Valley in Neu-Mexiko in den Verein. St.

Diese Lagerstätten nehmen zwar in mehrfacher Hinsicht eine gesonderte Stellung ein, schließen sich aber recht wohl noch an die vorigen Beispiele an. Lake Valley liegt im südwestlichen Teile des Staates in einem rings von Bergen umschlossenen tiefen Talbecken. Ein stark

[1]) W. P. Jenney in *Min. and Scientif. Press.* San Francisco. Jan. 6., 13., 27. 1906. — Derselbe. *Preliminary Rep. on the Daly Judge-Mine.* Febr. 1903.

[2]) P. Krusch. *Unters. u. Bewert. von Erzlagerst.* 1907, S. 432.

gefalteter Komplex von Kalksteinschichten verschiedener paläozoischer Altersstufen wird nach Ch. R. Keyes[1]) durch OW.- und durch NO.-Verwerfungen zerstückelt. Eine NW.-Verwerfung kommt hinzu. Im W., S. und O. grenzen Andesite und Rhyolithe an. Letztere sind, aber weit abseits von Lake Valley, von kontaktmetamorphen Lagerstätten begleitet. Die Erzlagerstätten des Grubengebietes liegen alle in flach trogförmigen Synklinalen des karbonischen Grande Limestone, der eine Dicke von nur 7,5 m hat und ein sehr reiner und darum leicht löslicher, feinkörniger Kalkstein ist. Immer grenzen sie an Verwerfungsklüfte an, die aber vor der Verdrängung des Kalkes durch die Erze da waren. Diese letzteren sind durch schwärzliche Färbung und bröckelig-kristalline bis erdige Struktur ausgezeichnet. Die Färbung rührt von alles überziehenden Krusten von Pyrolusit und anderen Eisen-Manganerzen her, die auch den Kalkstein in der unmittelbaren Grenzzone färben. Die Silberträger sind Kerargyrit nebst Embolit, ferner Argentit, silberreicher Bleiglanz, Proustit und Stephanit. Chlorsilber ist sehr reichlich zugegen, auch in schönen Kristallen bis 1 mm groß. Daneben sind vanadiumhaltige Erze und nierige Ausscheidungen von Pyrolusit zu erwähnen. Auch Bleikarbonate sind anwesend. Da Erzgänge in dieser Gegend gar nicht bekannt sind, da überhaupt eine Verbindung mit der Tiefe nirgends bloßgelegt ist, hat Ch. R. Keyes die Ansicht geäußert, daß die Erze ursprünglich in höher gelegenen Regionen als kontaktmetamorphe Silbererze entstanden seien, aber, mehrfach chemisch umgelagert, schließlich ihren jetzigen Platz eingenommen hätten, nachdem ihre Wiege längst abgetragen ist.

16. Die Blei- und Kupfererzlagerstätten der Sierra Mojada.

In dieselbe Reihe gehören auch die wichtigen Kupfer-Bleierzvorkommen in der Sierra Mojada[2]) im mexikanischen Staate Coahuila, die in den letzten Jahren durch ihre gewaltige Produktion die Aufmerksamkeit erregten. In der San José-Grube sitzen die Erzmassen im karbonischen Kalkstein nahe an dessen Überlagerung durch eine Eruptivgesteinsbrekzie. Vorzüglich sind es Bleikarbonate mit einem Silbergehalt von 0,037 %. Auch Kupfer- und Zinkerze treten auf.

---

[1]) Ch. R. Keyes. *Genesis of the Lake Valley Silver-Dep.* Trans. Am. Inst. Min. Eng. Jan. 1908, 19, p. 1—31.

[2]) Malcolmson. *The Sierra Mojada, Coahuila, Mex.* Trans. Am. Inst. Min. Eng. XXXII. 1902, p. 100—139.

17. Die Baryte und silberreichen Bleiglanze im permischen Bellerophonkalk des Mte. Calisio bei Trient.

G. B. Trener[1]), dem wir hier folgen, hat neuerdings die Aufmerksamkeit auf diese fast vergessene, im Mittelalter vom Ende des XII. bis Ende des XV. Jahrhunderts sehr ergiebige Silber-Bleilagerstätte gelenkt. Die Gruben, von denen tausende kleiner Pingen übrig geblieben sind, befinden sich auf einer Hochfläche zwischen dem eigentlichen Mte. Calisio und dem Avisiofluß nahe bei Trient in Südtirol. Auf einer Quarzporphyrplatte ruhen mit sanft geneigter Lagerung dort zunächst Grödener Sandsteine, darüber zum Teil diskordant ein Komplex von oolithischen, bald mergeligen, bald reineren Dolomiten und Kalken, wahrscheinlich vom Alter des permischen Bellerophonkalkes, an manchen Stellen auch noch Werfener Schiefer. Die Erze treten innerhalb einer 15 km langen und 7 km breiten Zone immer nur im Niveau der obersten Bänke dieser Kalke auf. Sie bestehen aus einem sehr silberreichen Bleiglanz, der anscheinend meist schlauchförmige Körper von etwa 1 m Breite und 50 cm Dicke bildet. Teilweise werden diese Schläuche von Baryt umhüllt, der auch in selbständigen Linsen in jenem Niveau eingeschaltet ist und sogar dünnlagenförmig mit Kalk wechsellagern soll. Der Baryt wurde neuerdings abgebaut. Die Mächtigkeit der Barytlinsen schwankt zwischen 0,5—2 m. Seine Produktion stieg im Jahre 1870 bis auf 1300 t. Der ungewöhnlich hohe Silbergehalt des Bleiglanzes stieg in manchen Proben bis zu 8—10 kg p. t. Meist scheint er nur 1,5—4 kg p. t. zu betragen.

Wir halten die Lagerstätten, auch einschließlich des Barytes für Verdrängungsgebilde. Die Wechsellagerung zwischen Baryt und dolomitischem Kalk verdient eine erneute Prüfung. Trener denkt an submarine Quellabsätze und spätere Anreicherung des Bleiglanzes.

18. Die Erzlagerstätten im Muschelkalk von Oberschlesien[2]).

Der Muschelkalk tritt im südöstlichen Schlesien in einem acht bis 15 km breiten und über 75 km langen, flachen Rücken zu Tage,

---

[1]) G. B. Trener. *Die Barytvorkommnisse von Mte. Calisio bei Trient usw. und die Genesis des Schwerspates.* Jahrb. k. k. geol. Reichsanst. Wien 1908, Bd. 58, S. 387—468.

[2]) Wichtigste Literatur: R. v. Carnall. *Über Eisensteinlagerstätten im Muschelkalk Oberschlesiens.* Z. d. D. G. G., 1850, Bd. 2, S. 177. — Krug von Nidda. *Über die Erzlagerstätten des oberschlesischen Muschelkalkes.* Daselbst. S. 206. — H. Eck. *Über die Formation des bunten Sandsteins und des Muschelkalkes in Oberschlesien.* 1865. — F. Römer. *Geologie von Oberschlesien.* 1870. — Cappel. *Über die Erzführung der oberschles. Trias nördl. von Tarnowitz.* Z. f. d. B.-, H.- u. S.-W.

der sich von Krappitz an der Oder bis nach Olkusz in Polen erstreckt. Bei ganz flachem nördlichem Einfallen ist das Streichen bis in die Nähe von Siewierz OW., wendet sich jedoch jenseits der russischen Grenze nach Südosten. Ungefähr in der Mitte des Zuges, nördlich von Peiskretscham, macht sich eine breite Unterbrechung der Schichten infolge einer Auswaschung bemerkbar, wodurch sich dieser Rücken naturgemäß in eine östliche und eine westliche Hälfte teilt. Von dem Hauptzuge zweigen sich mehrere Nebenzüge ab, so bei Tarnowitz ein solcher in südlicher Richtung bis über Gleiwitz hinaus, als dessen östliche Fortsetzung Mulden von Muschelkalk mit in das Steinkohlengebirge eingefaltet sind. Die wichtigste dieser Mulden ist die Beuthener, durch

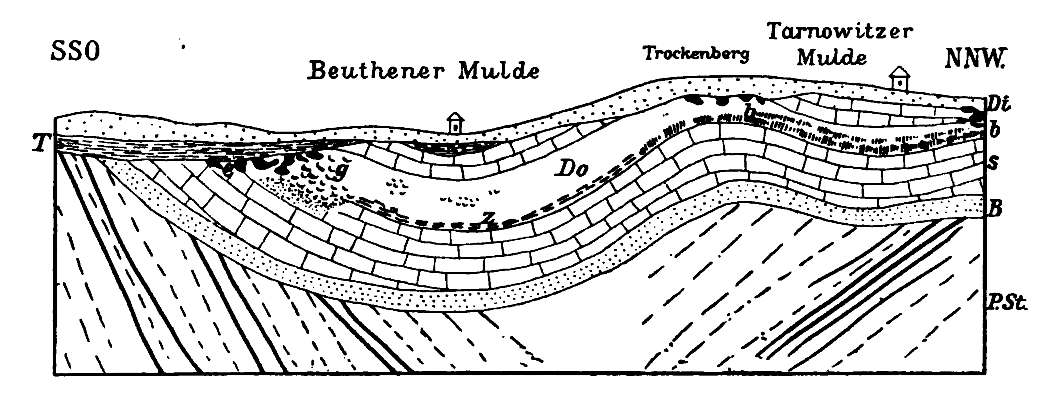


Fig. 264.

Schematisches überhöhtes Profil durch die Tarnowitzer und Beuthener Mulde nach Gürich.

P. St. Produktive Steinkohlenformation mit den Flötzen, *B* Buntsandsteinformation, *S* Sohlenkalkstein (Chorzower Sch.), *Do* Dolomit, *T* Tertiär, *Di* Diluvium, *b* Bleiglanzlagerstätten, *s* Zinkblendelagerstätten, *g* Galmeilager, *e* Brauneisenerzlager.

welche ein schematischer Querschnitt nach Gürich beigefügt ist (Fig. 264)[1]).

Nach Eck gliedert sich der Muschelkalk in Oberschlesien, ähnlich wie im übrigen Deutschland, in drei Abteilungen:

im preuß. St., 1887, Bd. 35, S. 99. — R. Althaus. *Die Erzformation des Muschelkalkes in Oberschlesien.* Jahrb. d. k. preuß. geol. Landesanst. 1891, Bd. XII, S. 37—98. Taf. XIII—XVII. — G. Gürich. *Über die Entstehungsw. schles. Erzlagerst.* Jahresber. d. Schl. G. f. vaterl. Kultur. 1902. — Derselbe. *Zur Genesis der oberschl. Erzlagerst.* Z. f. pr. G. 1903, S. 202—205. — A. Sachs. *Die Bildung der oberschl. Erzlagerst.* Zentralbl. f. Min. usw. Stuttgart 1904, S. 40—49. — Ausführliche Literatur bei A. Sachs. *Die Bodenschätze Schlesiens.* 1906, S. 117.

[1]) G. Gürich. *Das Mineralreich.* S. 577.

III. Obere Abteilung:
Rybnaer Kalk, ca. 15 m mächtig.

II. Mittlere Abteilung:
Versteinerungsleere, mergelige Dolomite, ca. 20 m mächtig.

I. Untere Abteilung:
a) Kavernöser Kalk,
b) Chorzower Schichten,
c) Spirifer Mentzeli-Schichten,
} ca. 200 m mächtig.

Für die Erzführung ist ausschließlich die untere Abteilung von Bedeutung. Hier teilt Eck die Spirifer Mentzeli-Schichten von oben nach unten spezieller in folgende weiteren Horizonte ein:

5. Den Himmelwitzer Dolomit.
4. Die Schichten von Mikultschütz.
3. Die Encriniten- oder Terebratelschichten.
2. Die Schichten von Gorasdze.
1. Den blaue Sohlenkalkstein.

Von diesen Sedimenten sind der kavernöse Kalk, die Chorzower Schichten und von dem unteren Schichtenkomplex noch der blaue Sohlenkalk im östlichen und westlichen Teil des Muschelkalkzuges gleichmäßig ausgebildet, und zwar der Sohlenkalk als ein toniger, dichter, meist graublau gefärbter Kalkstein, die Chorzower Schichten als meist dünn geschichteter, teils dichter, teils kristalliner Kalkstein oder Mergelkalk, und der kavernöse Kalk endlich als kristallinisch-spätiger, petrefaktenleerer Kalkstein mit zahlreichen Höhlungen. Dahingegen zeigen die drei im Hangenden des Sohlenkalksteins folgenden Stufen der Spirifer Mentzeli-Schichten in beiden Teilen eine petrographisch vollständig verschiedene Ausbildungsweise. Im Westen der Auswaschung sind sie als reine Kalksteine, östlich derselben als Dolomite entwickelt. Dies ist um so bemerkenswerter, als die Erzführung mit den Dolomiten in inniger Beziehung steht, also nur der östliche Teil für den Bergbau von Bedeutung ist. Der erzführende Dolomit bildet in frischem Zustand ein festes, kristallinisch-körniges Gestein, welches stets von einem Netz von Klüften durchzogen wird. Häufig sind in den unteren Bänken und fast stets an der Grenze zwischen Dolomit und Sohlenstein kohlige Letten eingeschaltet, die wegen ihres Gehaltes an Schwefelkies „Vitriolletten“ genannt werden. Sie enthalten zuweilen auch lose Bleiglanzkriställchen (Neuhof Grube), häufig bituminöses Holz (Gürich).

Im Hangenden folgt der Himmelwitzer Dolomit mit zahlreichen Resten von Nullipora annulata.

F. Beyschlag und R. Michael[1]) haben gezeigt, daß die oberschlesischen Dolomite nicht normale Repräsentanten bestimmter Muschelkalkstufen sind, sondern nur Umwandlungsprodukte der Kalke, die längs der Wasser führenden Verwerfungsspalten sich bildeten. Dieselben Wässer, welche die Kalke dolomitisierten, brachten nach ihnen auch die Erze herbei, die ausschließlich an die Dolomite gebunden sind. Grundwasserzirkulation, Dolomitisierung und Vererzung sind untrennbare Begriffe. Die neueren Aufnahmen von R. Michael für die kgl. geologische Landesanstalt haben überall bestätigt, daß die sulfidischen Erzmittel räumlich von Verwerfungsspalten abhängen. So sitzen die Erzkörper von Jenny Otto- und Fiedlers Glück-Grube am gleichen Sprung, der auch die Rokoko-Grube durchzieht. Auch längs der auf 2800 m Länge durch Baue von Samuels Glück und Blei-Scharley Ostfeld aufgeschlossenen Verwerfung ist ein erhebliches Anschwellen der Erzführung beobachtet. Mehrfach enthalten die Klüfte selbst Erze.

Nicht nur auf die Dolomitisierungszonen beschränkt, sondern randlich viel weiter ausgedehnt sind die Eisenerzlagerstätten, da sie erst durch sekundäre Umarbeitung durch oberflächliche Wasserzirkulation sich bildeten.

Daß die oberschlesischen Erze thermalen Ursprungs sind, wird nach Beyschlag und Michael dadurch erwiesen, daß auch Klüfte im unterlagernden Karbon solche Erze führen.

Dieselben Resultate erhielt F. Bartonec[2]) bei seiner Untersuchung der erzführenden Schichten Westgaliziens, dessen ganz analoge Lagerstätten sich namentlich um die Ortschaften Trzebinia und Chrzanów gruppieren.

In den tiefen Teilen der Mulden bestehen die Erze im wesentlichen aus Sulfiden: Zinkblende, Bleiglanz, Markasit, und zwar bei Tarnowitz vorwiegend aus Bleiglanz, in der Beuthener Mulde vorwiegend aus Zinkblende. Weiter nach dem Ausgehenden zu zeigt der Bleiglanz angefressene Formen und ist in den Aushöhlungen mit Cerussitkristallen besetzt, während an die Stelle des Zinksulfides erdiges Zinkkarbonat und Kieselgalmei getreten ist. Der stete Begleiter der Blende, der Markasit, hat eine Umwandlung in Brauneisenerz erfahren.

---

[1]) F. Beyschlag. *Vortrag über die Erzlagerstätten Oberschlesiens.* Deutsche Geol. Ges., 5. Febr. 1902. — R. Michael. *Vortrag.* Deutsche Geol. Ges., 16. Sept. 1904.

[2]) F. Bartonec. *Die erzführ. Triasschichten Westgaliziens.* Mit 2 Tafeln. Österr. Zeitschr. f. B. u. H. W., 1906, Nr. 50—51 (enthält eine Übersichtskarte über alle oberschlesischen Erzlagerstätten).

Steigt man noch weiter in den Muldenflügeln aufwärts, so verschwindet der Dolomit, und es stellen sich lockere Auflagerungen des marinen Miozän ein. In den Klüften und Vertiefungen des Sohlenkalkes, den sog. Taschen, finden sich aber auch hier noch Galmei und Brauneisen, ersterer zeigt oft Pseudomorphosen nach dem Dolomit — der rote Galmei — und nach dem Sohlenkalk — der weiße Galmei — ein Zeichen, daß neben der mechanischen Tätigkeit des miozänen Meeres auch metasomatische Vorgänge eine Rolle gespielt haben. Im allgemeinen kann man zwei übereinander liegende, mehr oder minder zusammenhängende, oft flötzartige Erzablagerungen unterscheiden, von denen allerdings die obere weit weniger regelmäßig auftritt.

Die reinen Bleierzlager sind allein in der Tarnowitzer Mulde entwickelt. Man unterscheidet in der oberen Teufe die „milde Erzlage“, in der sich Bleiglanz in einer Schicht von Eisenocker in Form von unregelmäßigen Platten, Klumpen und Körnern findet, und, vom Sohlenkalk nur durch eine wenig mächtige Dolomitbank getrennt, die „feste Bleierzlage“, wo der Bleiglanz in Form von Schnüren, Körnern, und Platten fest mit dem Dolomit verwachsen ist. Neben dem Bleiglanz treten auf Markasit, Cerussit, Grünbleierz usw.

Der Silbergehalt des Bleiglanzes beträgt 0,026—0,033 %.

Die Zinkerzlager treten als eigentliches Blendelager speziell am Nordflügel der Beuthener Mulde, weiterhin als die oberen oder die roten Galmeilager am Ausgehenden des Blendelagers und endlich als weiße Galmeilager auf.

Das Blendelager erreicht auf den Gruben Cäcilie und Neue Helene selten über 2 m Mächtigkeit, während es auf den Feldern der Gruben Blei-Scharley bis zu 12 m mächtig wird. Die Erzmittel können aber darin stellenweise so zurücktreten, daß der Dolomit überwiegt. Dieser pflegt meist die Mitte einzunehmen, während die Erze gegen die hangende und liegende Grenze angereichert sind. Innerhalb dieses „Haupterzlagers“, unmittelbar über dem Sohlenstein, kann man nach G. Gürich folgende Ausbildungsweisen unterscheiden: 1. Erdblende, eine körnige, mürbe Blende, stellenweise von körnigem Bleiglanz durchsetzt oder mit mürbem Dolomit durchwachsen, oft sehr reines Erz; 2. Körniger Bleiglanz und Blende mit festem Dolomit; 3. Krustenerze, d. h. grobkörniger Bleiglanz, körnige bis dichte Blende und strahliger Markasit umgeben in Krusten Blöcke von Dolomit, bilden auch wulstige und stalaktitische Formen von dünnschaligem Aufbau (Schalenblenden); 4. Bleiglanzplatten, Ausfüllungen von Kluft- und Schichtflächen, horizontal, geneigt oder steil gestellt.

Das obere Galmeilager ist besonders auf den Gruben Neue Viktoria, Paul Richard, Neuhof und Rudolf in großer Ausdehnung abgebaut worden. Hier ist es ca. 1 m mächtig, wächst jedoch nach Süden zu bis zu 10 m Mächtigkeit an. Es enthält meist mehrere Prozente silberreichen (0,1—0,113 %) Bleiglanz. Da sich beide vorhandenen Galmeilager am Ausgehenden vereinigen, erreichen sie zuweilen am Ausgehenden des Blendelagers bis 20 m Mächtigkeit. So sind sie auf den Gruben Scharley, Wilhelmine u. a. abgebaut worden. Im Liegenden sah man dann oft den weißen Galmei sich in tiefe Spalten und Schlotten des Sohlensteines hinabziehen. Man vergleiche das Profil durch die Judith- und Scharleygrube in Fig. 265. Ähnlichkeit mit diesem Vorkommen haben die anderen weißen Galmeilager, die über einen großen Teil des älteren Muschelkalks verbreitet sind. Auch sie treten teilweise

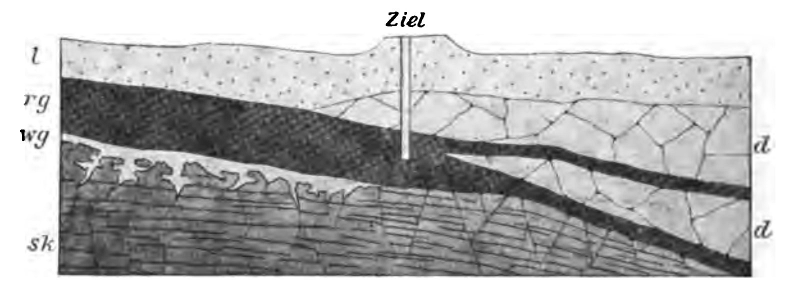


Fig. 265. *Profil durch die Judith- und Scharley-Grube* nach F. Römer.
l Letten, *d* Dolomit, *sk* Sohlenkalkstein, *wg* weißer Galmei, *rg* roter Galmei.

in spaltenartigen Hohlräumen auf oder liegen in muldenförmigen Auswaschungen des Kalksteins, wie z. B. auf Grube Matthias. Daneben sind aber auch flötzartige weiße Galmeilager beobachtet worden.

Die Eisenerzlager endlich bestehen in der Hauptsache aus Brauneisenerz. Die bedeutendsten derselben finden sich an den Rändern der Dolomitmulden, so die Lager bei Buchatz und die nördlich von Bobrek und südlich von Beuthen. Der erdige Brauneisenstein enthält oft etwas Zinkkarbonat, Bleiglanz und Weißbleierz, meist bildet er unregelmäßige, nesterartige, stets ungeschichtete Lager von wechselnder, bis 20 m ansteigender Mächtigkeit. Eine zweite Art des Vorkommens ist dasjenige in Spalten und Schlotten des Sohlsteins und Chorzower Kalkes. Das Brauneisenerz führt hier oft Galmei, es ist glaskopfartig oder stalaktitisch entwickelt und zeichnet sich stellenweise durch einen hohen Mangangehalt aus. Als Beispiel für das Vorkommen des Eisenerzes geben wir in Fig. 266 nach F. Römer das Profil durch die Bally-Castle Grube.

Die Annahme vom epigenetischen Ursprung der oberschlesischen Erze, wie wir sie bereits bei K. von Nidda u. A. finden, wird nicht allgemein geteilt. So z. B. hält G. Gürich die körnige, mürbe Zinkblende über den Vitriolletten (Erdblende) und die körnig im festen Dolomit vorkommende Blende nebst Bleiglanz für syngenetische Bildungen, während er alle übrigen sich als Folge von Umlagerungen erklärt.

Auch A. Sachs meint, wie früher R. v. Carnall, daß ursprünglich das Erz fein verteilt und mit den Sedimenten entstanden, allerdings nachträglich durch deszendierende Wässer konzentriert worden sei.

Die Geschichte des oberschlesischen Erzbergbaues reicht bis in das 13. Jahrhundert zurück. Zu dieser Zeit wurden die silberreichen Bleierze im oberen Erzhorizont der Beuthener Mulde abgebaut, während der Galmeibergbau erst im 16. Jahrhundert begann.

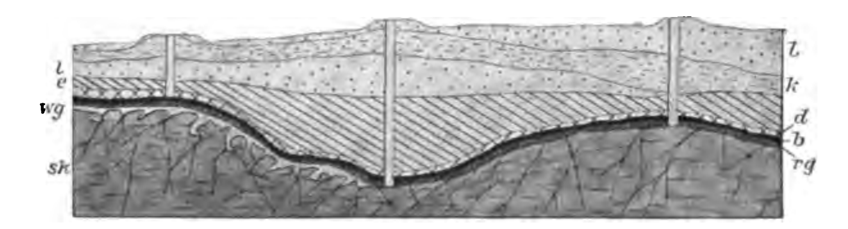


Fig. 266. *Profil durch die Bally-Castle-Grube* nach F. Römer.
l Letten, *k* Kurzawka (schwimmendes Gebirge), *e* Eisenerz, *d* Dolomit, *b* Bleierzlager, *rg* roter Galmei, *wg* weißer Galmei, *sk* Sohlenkalk.

Im Jahre 1905 war die Gesamtförderung an Bleierzen im Oberbergamtsbezirk Breslau 47675 t, an Zinkerzen 609479 t, wovon 223011 t auf Galmei, 386468 t auf Zinkblende entfallen. Die wichtigsten Gruben mit den Produktionen von 1905 sind Blei-Scharley mit Neu-Eurydice (102305 t Galmei, 74417 t Blende, 4780 t Bleierze); Brzozowitz (47380 t Galmei, 47372 t Blende, 8499 t Bleierz) und Neue Helene (33515 t Galmei, 59913 t Blende, 10176 t Bleierz).

Noch sei bemerkt, daß sich die Beuthener Mulde, wie dies u. a. von G. Gürich ausgeführt worden ist, nach Südosten hin nach Galizien hinein fortsetzt, wo dieselben Verhältnisse, wie bei Beuthen, in der Mulde von Trzebinia und von Krzeszowice angetroffen werden. Wir zitierten hierzu bereits die Monographie von F. Bartonec. Der galizische Bergbau erzeugte 1906 3838,5 t Bleierze und 2025,5 t Zinkerze.

Andererseits läßt sich die Tarnowitzer Mulde nach Nordosten um den Sporn der Golonog-Schichten bei Koslowagora herum nach Russisch Polen hinein bis Boleslaw und Olkusz und von hier nach Süden bis zur galizischen Grenze verfolgen. G. Gürich hat auch hier Verwerfungen nachgewiesen, die bei den Vererzungsvorgängen herangezogen werden können, so z. B. östlich und westlich von Bendzin. Kürzlich hat

dieses Gebiet eine eingehende Darstellung durch K. Bogdanowitsch[1]) gefunden. Dieser ist geneigt, die Dolomitisierung der Kalke und die Vererzung für zwei voneinander unabhängige Prozesse zu halten.

19. Die Zinkerzlagerstätten von Wiesloch in Baden.

Mehr den Charakter von Höhlenfüllungen im Gegensatz zu den oberschlesischen Lagerstätten haben nach der eingehenden Monographie von A. Schmidt[2]) die ebenfalls dem Muschelkalk angehörigen Zinkerzvorkommnisse von Wiesloch in Baden, wenngleich auch hier nach diesem Autor nebenbei echte Verdrängungsvorgänge einher gegangen sind. Diese Lagerstätten verdienen aus wissenschaftlichem Interesse eine eingehendere Schilderung, obgleich sie zurzeit ökonomisch ohne größere Bedeutung sind. Wiesloch liegt an der südwestlichen Ecke des Odenwaldes, 12 km südlich von Heidelberg. An zwei Stellen im N. und NO. dieser Stadt, an der Hessel und am Kobelsberg bei Baierthal, befinden sich die Zinkerzgruben. Die Erze kommen sowohl im oberen oder Hauptmuschelkalk, wie auch im liegenden Wellenkalk vor, sind jedoch nur im ersteren bauwürdig befunden worden und zwar wiederum nur in seiner unteren Abteilung, dem Trochitenkalk mit den versteinerungsreichen Encrinitenschichten. Am Kobelsberg herrscht folgende Spezialgliederung dieser Trochitenkalke:

Eigentliche Trochiten-Schichten	5. Zwei, als „Deckstein“ zusammengefaßte, 24—30 cm starke, teilweise dolomitische Encriniten-Kalksteinschichten	0,5 m.
	4. Drei dichte, „Blättchen“ genannte Kalksteinschichten, die stellenweise durch Galmeilagen oder galmeihaltige Tone ersetzt sind	0,15 m.
	3. „Erzführender Kalkstein“, ein dichter K. mit vielen Kalkspatdrusen	3—6 m.
	2. Gelblichgraue oder rötliche Encriniten-Kalke, mit Tonmergeln wechselnd	1,5—4,8 m.
Unterer Trochitenkalk	1. Blaugrauer Kalkstein, mit Letten und Mergeln wechselnd.	

Von den fünf bei Wiesloch vorhandenen Lagerstätten, deren Form im allgemeinen als die von liegenden Stöcken mit nordsüdlicher Längenerstreckung bezeichnet werden kann, bilden die fast ausschließlich Galmei führenden drei westlichen das Hesselfeld, die beiden anderen

[1]) K. Bogdanowitsch. *Materialien zur Kenntnis des Muschelkalkes im Becken von Dombrowa.* (Russ. mit ausführl. deutsch. Res.) Mém. du Comité Géol. St. Petersburg 1907.

[2]) A. Schmidt. *Die Zinkerzlagerstätten von Wiesloch (Baden).* Mit 3 Tafeln. Heidelberg 1883. Nebst älterer Literatur.

östlich von der Nußlocher Verwerfungsspalte gelegenen dagegen, die z. T. auch Blende enthalten, setzen das Baierthaler Erzfeld zusammen. Die größte unter diesen Lagerstätten hat 600 m Länge und 300 m Breite. Alle stellen sie indessen durchaus nicht kompakte Erzkörper dar, sondern bestehen vorwiegend aus Kalkstein mit sehr vielen Erzansammlungen in Gestalt einzelner Putzen, die durch erzerfüllte Spalten und Schichtfugen untereinander zusammenhängen. Die einzelnen Putzen sind in der Schichtung des Kalksteins parallelen Zügen geordnet, fließen auch vielfach zu größeren Klumpen zusammen. Diese letzteren halten sich dann ihrer Lage nach immer an die Schichtfugen, springen aber gelegentlich einer Spalte nach von einer höheren auf eine tiefere Schicht über.

Neben dem Galmei und lokal der Blende beteiligen sich an der Zusammensetzung dieser Erzmassen auch rote Tone und ein tonigkieseliges Eisenerz. Die reichsten und festesten, meist rötlich, selten grau gefärbten Galmeie liegen immer im untersten Niveau.

Mit den Putzen und Zügen stehen zahlreiche fast vertikale Klüfte in Verbindung, die selten nur Ton, häufiger Eisen und Zink haltende Gangletten führen, oder auch mit zinkreichem Brauneisenstein, rotem und braunem Galmei erfüllt sind.

Die „Blendestock" genannte Lagerstätte des Baierthaler Erzfeldes besteht in ihrem südlichen Teile im Gegensatz zu den anderen fast nur aus Eisenkies und Zinkblende, letztere in der Form der Schalenblende, also mit dünnen Zwischenlagen von Bleiglanz und Eisenkies. Diese blendehaltigen Erzpartien liegen übrigens unter dem Grundwasserspiegel.

Da die Blende sich überall leicht vom Nebengestein ablöst, da ihr lagenförmiger Aufbau auf unterbrochene Bildung deutet, und da sie außerdem in großen, bis 15 cm dicken und nicht selten 30—40 cm langen Stalaktiten vorkommt, zweifelt A. Schmidt nicht daran, daß sie und die anderen geschwefelten Erze präexistierende Hohlräume erfüllt haben. Daß die betreffenden Lösungen von oben gekommen seien, wie er annimmt, dürfte nicht allgemeine Zustimmung finden. Die Galmeimassen haben den Raum, den sie jetzt einnehmen, nach demselben Autor in der Hauptsache durch Verdrängung des Kalksteins sich erobert. Es wird dies tatsächlich bewiesen durch die in Galmei umgewandelten Petrefakten, z. B. durch die völlig vererzten und doch mit allen Einzelheiten erkennbaren Exemplare von Terebratula vulgaris, Lima striata, Encrinus liliiformis u. a. Der ganze Galmei (ausschließlich Smithsonit) der Wieslocher Lagerstätten ist

übrigens nach Schmidt erst sekundär aus der Zersetzung der Blende und nach verschiedentlicher Wanderung der daraus resultierenden Lösungen entstanden.

Der Wieslocher Bergbau ist sehr alt. Er ist schon zur Zeit Karls des Großen und zwar zunächst auf silberhaltigen Bleiglanz betrieben worden. Der Galmeibergbau datirt erst seit 1846. Zur Zeit wird noch im Hessel-Revier von der Gesellschaft „Vieille Montagne" gebaut und jährlich gegen 200 t Galmei erzeugt. Auch bei Baierthal soll der Betrieb wieder beginnen.

20. Die Blei- und Zinkerzlagerstätten von Raibl in Kärnthen.

Raibl liegt südwestlich von Villach und südlich vom Gailtale im Gebiete des schon auf italienischem Boden entspringenden Seebaches, der weiter abwärts Schlitza heißt. Die Höhen rings um den Ort steigen bis zu etwa 1900 m an.

In dieser Gegend herrscht von oben nach unten folgende Gliederung[1]) der Schichten:

Torer Schichten mit Pecten filosus usw.
Eigentliche Raibler Schichten mit Myophoria Kefersteini.
Schwarze Mergelschiefer und Kalke mit Carnites floridus.
Bituminöse Fischschiefer mit Fischen, mit Daonella Lommeli und Pflanzen (Voltzia).
Erzführende Dolomite und Kalke.
Cassianer Schichten.

Die Erzlagerstätten gehören also nach dem Alter ihres Nebengesteins der mittleren alpinen Trias an.

Nach F. Pošepny[2]) und der amtlichen Monographie über Raibl[3]), die von W. Göbl redigiert wurde, werden die Schichten in dem am Kleinen Königsberg gelegenen Grubengebiet mehrfach von meist NS. streichenden Verwerfungsklüften, sog. Blättern, durchschnitten. Diese veranlassen Verschiebungen bis zu 60 m Sprunghöhe, sind auch durch spiegelnde Rutschflächen und teilweise Umbiegung der anstoßenden Schichtenköpfe deutlich als Verwerfer gekennzeichnet. Selbst an der Oberfläche machen sie sich bemerkbar, indem die tief eingeschnittenen Erosionsschluchten oder Klamme ihrem Verlaufe sich angeschlossen haben.

---

[1]) E. Kayser. *Geol. Formationskunde.* II. Aufl. 1902, S. 319.

[2]) F. Pošepny. *Die Blei- und Galmei-Erzlagerstätten von Raibl in Kärnthen.* Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst., 23. Bd., S. 317—420. Nebst 3 Tafeln, 1873.

[3]) *Geol.-Bergm. Karten mit Profilen von Raibl nebst Bildern von den Blei- und Zink-Lagerstätten in Raibl.* Aufgen. von den k. k. Bergbeamten. Herausgeg vom k. k. Ackerbauministerium. Wien 1903. Mit vollständiger Bibliographie.

In der Nachbarschaft dieser Verwerfungsklüfte liegen im erzführenden Dolomit und Kalkstein die Erzmittel und zwar vorzugsweise nahe der Auflagerungsfläche der Fischschiefer und hangenderen schieferigen Schichten.

Zwei getrennte Reviere sind innerhalb der Grubenbaue zu unterscheiden. Das erste birgt inmitten dolomitischer Gesteine Lagerstätten von Zinkblende und Bleiglanz und nur im obersten Horizont daneben auch von Galmei. Das zweite ist das reine Galmei-Revier ohne Blende und nur mit spärlichem Bleiglanz. Das Nebengestein ist hier Kalkstein.

Die sulfidischen Lagerstätten im ersten Reviere geben sich nach **Pošepny** als deutliche Hohlraumfüllungen zu erkennen. Ihre Raumentwick-



Fig. 267. ***Erzvorkommen am Josefi-Blatt beim Nordfeldort d. Aloisi-Stolln*** nach **F. Pošepny.**
d Dolomit, z Zinkblende, b Bleiglanz, sp Dolomitspat.

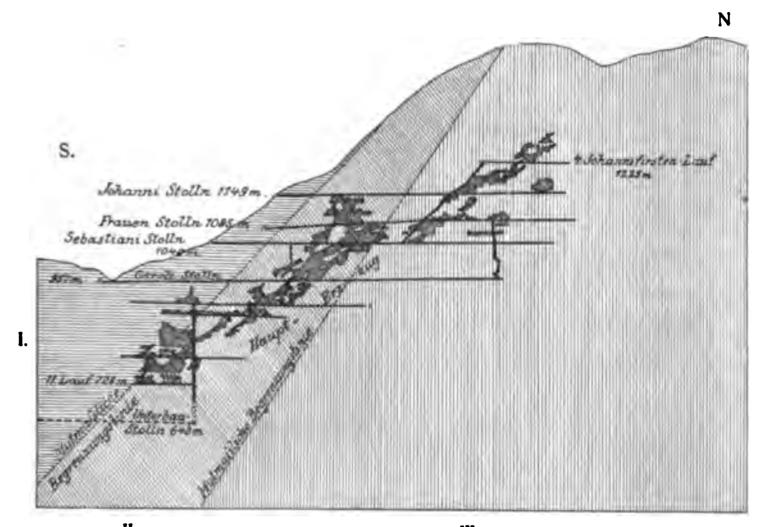


Fig. 268. ***Profil durch den Haupterzzug von Raibl*** nach **W. Göbl.**
I Cassianer Schichten, II. Cassianer Dolomit, III. Wengener Dolomit.

lung und Gestalt ist höchst unregelmäßig, doch zeigt sich in ihrer ganzen Lage und Anordnung eine solche Abhängigkeit von den Blättern, daß die Ausnagung der Hohlräume sowohl, wie auch ihre spätere Füllung von diesen Verwerfungsklüften ausgegangen sein muß. Fig. 267 gibt ein Bild von dieser Abhängigkeit und Fig. 268, S. 289 zeigt die Anordnung der Lagerstätten im Ganzen und Großen.

Besonders drei Blattsysteme kommen in Frage: 1. Das Abend- und Morgenblatt nebst Johanniblatt. 2. Das Blattsystem der Strugglschen Erzzüge. 3. Das Blattsystem Vincenzi-Aloisi-Josefi. Sie sind in der Richtung von W. nach O. einander vorgelagert.

An diesen Blättern treten die Erzmittel im allgemeinen als Erzsäulen auf, welche mit der Teufe von N. nach S. vorrücken. Das wichtigste sulfidische Mittel ist der Haupterzzug am Abend- und Morgenblatt. Er bildet eine unter 45° in die Teufe niedersetzende, mit ihrem Streichen dem Streichen der Blätter parallele und an diese angrenzende, sehr unregelmäßige Platte von 50—140 m streichender Länge und einer Mächtigkeit von 30—70 m. Dieser Erzzug ist bis jetzt auf eine Seigerhöhe von 450 m aufgeschlossen. Zu erwähnen ist auch noch das sog. Hangend- und das Liegendmittel.

Diese sulfidischen Erzmittel bestehen aus gebänderter und aus schaliger Blende, aus silberfreiem, kristallinem Bleiglanz, etwas Eisenkies und Dolomit in konzentrisch-krustenförmigen, den Hohlraumswänden parallelen Absätzen. Der Dolomit bildet gern als jüngste Bildung die drusige Mitte, oft noch mit aufgesetzten Schwerspatkristallen. Als sekundäre Zersetzungsprodukte treten auch Kalkspat, Zinkspat und Weißbleierz auf. Für eine Ausfüllung präexistierender Höhlen sprechen namentlich auch die von Pošepny sehr ausführlich geschilderten Röhrenerze. Sie stammen aus dem zentralen Teile gewisser Erzmittel, wo körniger Dolomit als der relativ jüngste Absatz vorwaltet, z. B. aus dem Strugglschen Grubenbau am 7. Lauf. Es sind abgebrochene, hohle Bleiglanzstalaktiten oder Röhren, die konzentrisch aus verschiedenem Material, aus zersetzten Kiesen, Blende, auch Galmei und Cerussit zusammengesetzt sind und vielfach in einer Matrix von Dolomitspat eingeschlossen liegen. Manche sind röhrenförmige Aggregate von lauter Bleiglanzoktaëdern. Der Querschnitt ist nicht immer kreisförmig, sondern oft recht unregelmäßig. Die Länge der Fragmente geht bis zu 10, der Durchmesser bis zu 2 cm (siehe die Fig. 269 und Fig. 270 nach F. Pošepny).

Im Hangendmittel kommt mitunter das Schiefererz vor, worunter man dort einen geschichteten Dolomit mit Zwischenlagen von Blende und Bleiglanz versteht.

Zwischen den sulfidischen Erzmitteln des Abend- und Morgenblattes und denen am Vincenzi-Aloisi-Josefi-Blatt liegen die **Galmeilagerstätten** des zweiten Revieres. Hier zeigt sich der Kalkstein von Klüften aus direkt, ohne vorherige Hohlraumbildung, in Galmei um-

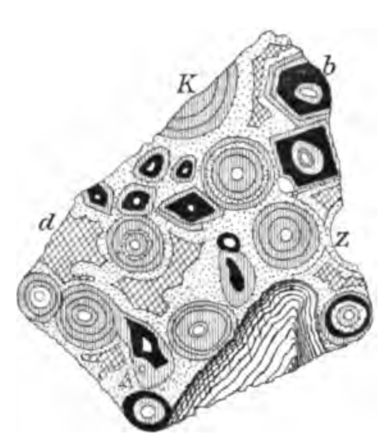


Fig. 269.
Röhrenerz von Raibl nach F. Pošepny.
b Bleiglanz, z Zinkblende, K Kies, d Dolomitspat.



Fig. 270.
Ein röhrenförmiges Bleiglanzkristall-Aggregat von Raibl nach F. Posepny.

gewandelt, und zwar so, daß bisweilen noch unvererzte Kerne übrig blieben. Wo der Kalkstein eine Zellenstruktur besaß, indem seine Masse zwischen der härteren Ausfüllung eines netzförmigen Kluftsystems weggeführt worden war, dort spiegeln auch die Galmeimassen diese Struktur wieder. Die Zellenwände selbst sind hierbei in Galmei verwandelt, die ehemaligen Hohlräume aber mit einem zinkhaltigen erdigen Brauneisenstein, sogen. Moth, erfüllt (siehe Fig. 271).

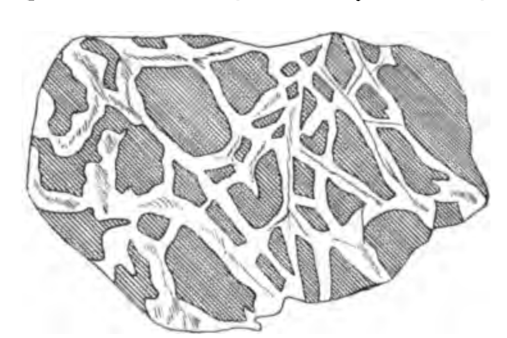


Fig. 271.
Zellengalmei von Raibl nach F. Pošepny.

Der Galmei besteht in Raibl vorherrschend aus Zinkspat (roter Galmei), seltener aus Zinkblüte (weißer Galmei), Kieselzink kommt nur selten vor. Nach dem Ausgehenden zu werden die Galmeistöcke allmählich durch Brauneisensteinmassen ersetzt, die

man nebst fetten, ockerigen, gelben, grünlichen oder braunen Tonen auch in den Hohlräumen des Galmeis antrifft.

Interessante Verhältnisse bietet auch „die Grotte" dar, ein im Jahre 1892 am 7. Johanni-Firstenlauf angefahrener, mit der „Ostkluft" zusammenhängender großer Hohlraum, dessen Wände mit Stalaktiten von Blende und Galmei, sowie auch mit Kristallen von Bleiglanz, Cerussit und Wulfenit ausgekleidet sind. Diese letztgenannten Bildungen dürften sekundärer Natur und durch deszendierende Wässer veranlaßt sein.

Die ersten mittelalterlichen Anfänge des Raibler Bergbaues sind in Dunkel gehüllt. 1762 kaufte das Ärar mehrere Anteile der Gruben, und damit begann ein lebhafterer Betrieb. Im Jahre 1905 erzeugte das Raibler Revier 2834,1 t Bleierze und 17085,5 t Zinkerze.

21. Die Erzlagerstätten von Bleiberg in Kärnten[1]).

Bleiberg, ungefähr 12 km westlich von Villach in Kärnten, ist neben Raibl die wichtigste Stätte des viele Jahrhunderte alten Kärntner Blei- und Zinkbergbaues. Das Städtchen liegt nach Hupfeld, dessen Darstellung wir uns im folgenden anschließen, in einer tiefen Talschlucht zwischen dem Dobratzsch im S. und dem Erzberg im N. Der erstgenannte Berg ist durch den großen Bergsturz vom Jahre 1348 bekannt, der sich auf seinem dem Gailtale zugekehrten Abhange ereignete.

Das Bleiberger Tal erscheint nach G. Geyer als eine vom Bleiberger Bruch durchschnittene Synklinale, deren Nordflügel (Erzberg) dem Südflügel (Dobratzsch) gegenüber ungleichmäßig in die Tiefe gesunken ist.

Auch die Bleiberger Lagerstätten liegen im erzführenden Kalkstein unmittelbar unterhalb der triasischen Raibler Schiefer. Der erzführende Kalkstein ist bei Bleiberg in sehr schwankendem Verhältnis dolomitisch ($MgCO_3$ 0,1—40 %) und umschließt häufig winzige Quarzkriställchen. Wegen seiner Zerklüftung ist er gerade so wie der die Raibler Schiefer überlagernde Hauptdolomit (hier ausgebildet als bitumenreicher Stinkstein) für Wasser durchlässig, während die Schiefer sich undurchlässig verhalten.

---

[1]) Wichtigste Literatur: F. Mohs. *Die Gebirgsgesteine, Lagerungsverhältnisse und Erzlagerstätten zu Bleiberg in Kärnten.* 1810. Manuskript. — C. Peters. *Über die Blei- und Zinklagerstätten Kärntens.* Österr. Zeitschr. 1863. S. 173. — E. Suess. *Geogn.-Bergmänn. Skizze von Bleiberg.* Österr. Zeitschr. 1869. S. 259—262, 266—267. — F. Pošepny. *Über alpine Erzlagerstätten.* Verh. d. k. k. geol. Reichsanst. 1870. — Hupfeld. *Der Bleiberger Erzberg.* Z. f. pr. G. 1897, S. 233—247. Nebst vollst. Literaturverzeichnis. — G. Geyer. *Zur Tektonik des Bleiberger Tales.* Verh. d. k. k. geol. Reichsanst. 1901, S. 338—359.

Der Erzberg besteht in seiner Hauptmasse aus erzführendem Kalkstein, nur im N., bei Rubland, und im S., im Bleiberger Tal, wird dieser von Schiefer und Stinkstein überlagert, die Reste eines ehemals über dem Berge sich wölbenden, jetzt denudierten Luftsattels darstellen und dementsprechend dort ein nördliches, hier ein südliches Einfallen zeigen. Der ganze Südabhang des Berges ist in einer großen Zahl von einzelnen Schollen längs Verwerfungen mit jedesmal nur geringen Sprunghöhen nach S. zu abgesunken.

Auch die Erzlagerstätten des Bleiberges sind zum Teil, wie die von Raibl, deutliche Höhlenfüllungen und finden sich bis auf ganz wenige Ausnahmen im erzführenden Kalkstein. Die Hohlräume haben Schlauchform (Bezeichnung Pošepnys). Die Achsenlinien der. Erzschläuche sind, wie das bereits zu Anfang dieses Jahrhunderts F. Mohs erkannte, die Kreuzlinien zweier sich schneidender Ebenen, nämlich der Schichtflächen des erzführenden Kalkes und gewisser Klüfte. Manche Schichtflächen, „Flächen" schlechthin, erweisen sich besonders günstig, „edel", desgleichen gewisse Klüfte. Letztere sind meist durch mächtige Lettenführung, erstere durch deutliche Spuren von einer Wasserzirkulation gekennzeichnet. Auch sind die Schläuche bisweilen an die unmittelbare Nachbarschaft von sog. Kreuzschiefern gebunden, d. s. Schiefereinlagerungen im erzführenden Kalk, die diesen quer zur Schichtung durchsetzen, angeblich in Klüfte gepreßte Raibler Schiefer, wohl Gangtonschiefer ähnliche Massen.

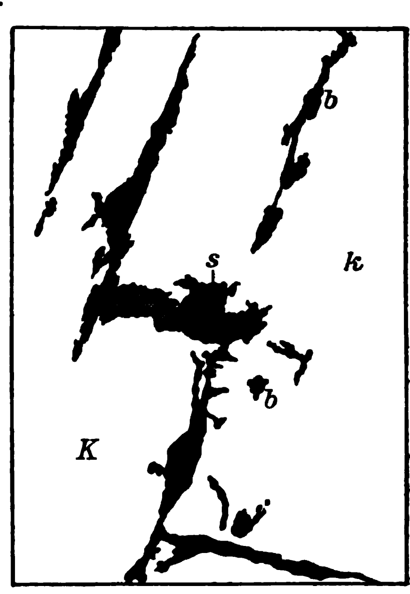


Fig. 272.
Ortsbild vom Wetterthürverhau am Friedrichstolln bei Bleiberg nach Hupfeld.
K (k) Kalkstein, *b* Bleiglanz, *s* Schwerspat.

Wie tief die Schläuche oder vielmehr die Züge von Schläuchen hinabsetzen, ist noch nicht festgestellt. Zurzeit sind gerade die tiefsten, die in mehr als 400 m unter der Talsohle im Kreuther Reviere liegen, die reichsten. Immer aber sind sie nur auf eine etwa 500 m breite Zone des erzführenden Kalkes in der Nachbarschaft des Schiefers

beschränkt. Einzelne Erzvorkommnisse trifft man übrigens auch im Schiefer selbst und im Stinkkalk. Auch im kleinen folgen die Erzkörper ganz sichtlich den Flächen der Gesteinsablösung, wie das Ortsbild Fig. 272, S. 293 zeigt.

Die ausfüllenden Mineralien sind folgende: a) primäre: Bleiglanz, Zinkblende, Markasit, Schwerspat, Flußspat, Kalkspat, Dolomitspat; b) sekundäre: Cerussit, Plumbokalzit, Anglesit, Gelbbleierz (Wulfenit), Zinkspat, Kieselzinkerz, Zinkblüte, Brauneisenerz, Anhydrit und Gips. Anhydrit kommt in sehr beträchtlichen Partien vor.

Auch erdpechartige Substanzen wurden beobachtet[1]).

Die große Reinheit des Kärntner Bleiglanzes, sein Freisein von Antimon und Kupfer, haben das Kärntner „Jungfernblei" berühmt gemacht. Das Bleiberg-Kreuther Revier erzeugte im Jahre 1905 4660,7 t Bleierz, davon 78,2 t Gelbbleierz, und 12916,1 t Zinkerze.

Andere bedeutende Lagerstätten von ähnlichem Charakter besitzt Kärnten bei Mieß. (1905 mit 7083,5 t Bleierz und 66,1 t Zinkerz). Hier fanden sich früher im Oswaldi-Stollen die sog. Sphärenerze, den Ringelerzen der Erzgänge analoge Bildungen[2]). Auch die Reviere von Rubland bei Kreuzen und am Radnig im Gailtal-Gebiet verdienen Erwähnung[3]).

Hier mögen die ebenfalls metasomatischen, aber lagerähnlichen Vorkommen von Bleiglanz und Blende im Gebiete zwischen Drau und Möll bei Dellach angeschlossen werden[4]). Sie finden sich inmitten des Muschelkalkes im Liegenden der undurchlässigen Wengener Schichten. Im Prehner Graben beteiligen sich an ihrer Zusammensetzung auch Pyrit und Fluorit.

22. Die Zinkerzlagerstätten von Trèves (Gard).

Trèves, im Departement Gard, liegt westlich von der Kette der Sevennen. Die Gegend wird von einer nach NNO. streichenden Bruchlinie durchzogen, die das Juragebiet von Trèves vom Kambrium und weiteren paläozoischen Schichten, sowie dem Granit der Sevennen

---

[1]) H. Höfer. *Erdölstudien.* Sitzungsber. Kais. Ak. W. Wien. Math.-phys. Cl., Bd. CXI, Abt. I, Jul. 1902, S. 27.

[2]) Brunlechner. *Die Sphärenerze von Mieß in Kärnten.* Jahrb. k. k. geol. Reichsanst. 1888. 38. Bd. S. 310—320.

[3]) R. Rosenlecher. *Die Zink- und Bleierzbergbaue bei Rubland in Unter-Kärnten.* Z. f. pr. G. 1894, S. 80—88. — Canaval. *Die Blei- und Zinkerz-L. des Bergb. Radnig bei Hermagor in Kärnten.* Carinthia II. 1898. 2.

[4]) O. Sussmann. *Blei- und Zinkerzvorkommen der alpinen Trias bei Dellach im Oberdrautal.* Jahrb. k. k. geol. Reichsanst. 51. 1902. S. 265—300.

scheidet. Nach G. Lespineux[1]) gibt es dort zweierlei Zinkerzlagerstätten: 1. Gewisse Bänke eines tonigen und von Kohle dunkel gefärbten dolomitischen Kalkes, die Lagen von Flintnieren enthalten und dem Charmonthien (unterem Mittel-Lias) angehören, sind mit brauner Blende imprägniert. Hier hat das Erz den Kalk teilweise verdrängt. 2. Der liasische Kalk wird von brekzienartigen Zonen durchzogen, deren Zwischenräume mit brauner Blende, etwas Bleiglanz und wenig Pyrit ausgefüllt wurden. Hier liegt wesentlich nur eine Hohlraumfüllung vor. Genetisch von Interesse sind außerdem mitten im Erzgebiet schlauchförmige Hohlräume von gewundenem und sich gabelndem Verlauf, die mit Erzkrusten ausgekleidet sind, denen Kalzit- und Dolomitkriställchen aufsitzen. Sie dürften nach dem Genannten als noch offene Zufuhrkanäle zu gelten haben. Es spräche dies gegen die Theorie anderer, wonach wenigstens die imprägnierten Kalkbänke syngenetische Erzlager sedimentären Ursprungs wären.

28. Die silber- und goldhaltigen Bleierzlagerstätten von Mapimí[2]).

Mapimí liegt 1360 m hoch in der Nordostecke des Staates Durango, Mexiko. Etwa 10 km südlich von der Stadt erhebt sich 700 m hoch aus den umgebenden Ebenen eine klotzförmige Bergmasse, die Bufa von Mapimí. Ihr Profil, von der Stadt aus gesehen, ähnelt dem eines Frauenantlitzes. Am östlichen Fuße dieser Bufa befindet sich die wichtigste der bereits seit 1598 bekannten Gruben, die Ojuela, nicht weit davon die von Campo Sur und andere.

Die Bufa besteht nach den unten genannten Autoren aus Tonschiefern, die zwischen mächtigen Bänken eines blaugrauen oder schwärzlichen Kalksteins liegen. Die Schichten fallen bei nordwestlichem Streichen ziemlich steil, seltener flacher nach SW. Sie gehören der mittleren Kreide an und bilden den Westflügel einer großen Antiklinale. Nördlich von Mapimí, beim Bahnhof El Cambio, wird die Kreide von Hornblendeandesit durchbrochen.

Infolge der Faltung sind die Kalke und Schiefer von 3 Kluftsystemen durchzogen worden. Das eine streicht NS. und ist nach W.

[1]) G. Lespineux. *Sur les gisements de zinc de Trèves (Gard).* Ann. de la Soc. géol. de Belgique. *t.* XXXV. Mém. 1908., p. 90—100.

[2]) E. Naumann. *Über eine Reise nach Mexico.* Z. d. D. G. G., 51. Bd., III. H., 1899, S. 106. — E. Angermann. *Sobre la Geologia de la Bufa, Mapimí.* Parrergones del Inst. Geol. de Mexico. II. 1. p. 17—25. — J. D. Villarello. *Le Minéral de Mapimí.* Guide Congr. Géol. Intern. Mexico 1906. XVIII. Mit 2 Grubenrissen. Mit Lit. — Reiches Material von Mapimi verdanken wir Herrn Prof. E. Naumann und Herrn Geh. Bergrat Fischer.

geneigt; es wird vom zweiten durchkreuzt, das OW. streicht und nach N. fällt. Ein drittes folgt der Bankung des Gesteins. Diesen Klüften und besonders den Kreuzlinien zwischen den verschiedenen Systemen derselben sind als Wegen geringsten Widerstandes aufsteigende thermale Lösungen gefolgt, haben diese natürlichen Kanäle erweitert und darin Erze zurückgelassen. Hierbei mögen, wie die vorherrschend massige, durchaus nicht symmetrisch-lagenförmige Struktur der Erzkörper andeutet, Verdrängungsvorgänge gegenüber einer einfachen Ausfüllung offener Räume vorgewaltet haben.

Aus dem Verlauf der Klüfte und Schichtfugen ergibt sich von vornherein, daß auch die Form und Lagerung der Erzkörper sehr wechseln muß. Im allgemeinen herrscht die Form unregelmäßiger Schläuche bei diesen dort Chiflones genannten Lagerstätten vor. Sie stehen bald senkrecht, bald geneigt oder nehmen völlig horizontalen Verlauf an. Sie vereinigen sich bald zu größeren Schloten, bald lösen sie sich in viele Zweige auf. Der reichste dieser Schlote, die Ojuela, erreichte in 200—500 m Tiefe einen Durchmesser von 40 m und setzte senkrecht bis 650 m Tiefe hinab, wenn auch innerhalb der letzten 150 m mit sehr unregelmäßiger Begrenzung. Dicht dabei befindet sich ein zweiter Schlot, La Paloma genannt. Dieser legte sich in 470 m Tiefe in horizontale Lage, schlug aber hierauf wieder den senkrechten Weg bis 600 m Tiefe ein, wobei sein Querschnitt sich bis zu 30—40 m im Durchmesser erweitert hatte. Auch leere Kamine sind im Kalkstein bis zu großer Tiefe hinab angetroffen worden.

Nach dem uns vorliegenden Material hat die Füllmasse dieser schlauchförmigen Räume folgenden Charakter:

Im unzersetzten Zustande, wie er im sog. Arsenkiesgesenke der Ojuela sich darstellt, sind die Erze vertreten durch Bleiglanz, Arsenkies, Eisenkies, Kupferkies, Zinkblende, Boulangerit, Rotgiltig, Fahlerz und Antimonglanz, die Gangarten durch Quarz, Flußspat, Schwerspat, Kalkspat, Manganspat und Braunspat. Ein derbes Gemenge von Arsenkies, Bleiglanz, Eisenkies, Zinkblende und Flußspat herrscht unter diesen entschieden vor. In Drusenräumen sind sie auch auskristallisiert. Der Boulangerit ist gewöhnlich innig mit Sternquarz verwachsen. Da die Oberfläche des Grundwassers in den Gruben der Ojuela erst bei über 500 m Tiefe erreicht worden ist, wahrscheinlich weil die Bruchspalten die Wässer abziehen, kann das weite Hinabreichen der Bildungen des Eisernen Hutes nicht überraschen. Innerhalb dieser Hutbildung finden sich als sekundäre Mineralien Cerussit mit Resten noch unzersetzten Bleiglanzes, Bleiniere (wasser-

haltiges Bleiantimonat, zum Teil direkt auf dem Boulangerit gebildet), Wulfenit, Galmei (Zinkspat und Kieselzinkerz), Brauneisenstein, Pyrolusit und Antimonocker. Eigentliche sekundäre Silbererze sind zwar nicht sichtbar, dürften aber nach dem bedeutenden Ag-Gehalt dieser Erze als fein verteilte Hornerze vorhanden sein. Auch sekundärer Kalkspat und Aragonit sind zu nennen.

Die Mapimí-Erze enthalten im Durchschnitt 15—18% Blei, 0,04—0,06% Silber und 6—9 g Gold pro t. Die Förderung belief sich im Jahre 1906 auf nahezu 150000 t.

Was die Entstehung dieser Lagerstätten betrifft, so dachte E. Naumann an eine Bildung der schlauchförmigen Hohlräume durch Erweiterung bestehender und mit Wasser gefüllter Spalten mittels durchstreichender saurer vulkanischer Gase. Eine solche Fumarolentätigkeit als Nachwirkung vulkanischer Ereignisse ist um so wahrscheinlicher, als andererseits die Kalksteine am Kreuzberg unweit der Ojuela und bei San Ramon eine Kontaktmetamorphose von seiten plutonischer Massen erlitten haben. Sie führen gelbe Granaten, Vesuvian, lichten Glimmer und grün durchscheinende Spinelle oder sie sind marmorisiert[1]).

f) Epigenetische Erzstöcke der Golderzformation.

1. Silber-Golderze in kalkigen Schichten des Kambriums der Black Hills in Dakota[2]).

Diese Vorkommnisse liegen im Bald Mountain, im Portland, im Crown Hill und im Sheeptail Gulch Distrikt der Black Hills im Staate Dakota.

Das den aufgerichteten algonkischen Schiefern diskordant aufgelagerte, fast horizontale Kambrium beginnt zuunterst gewöhnlich mit

[1]) An dieser Stelle sei erwähnt, daß leider auf S. 158 des I. Bandes eine wichtige kontaktmetamorphe Lagerstätte Mexikos zu erwähnen vergessen wurde, die Kupfererzlagerstätte von Aranzú unweit von Mazapil im Staate Zacatecas, auch unter dem Namen „El Cobre" bekannt. Mesozoische Kalke sind hier im Kontakt mit einem quarzführenden Monzonit umgewandelt, wobei sie Erzkörper von Kupferkies, Pyrit und Tetraëdrit mit etwas Blende und Bleiglanz, sowie mit beigemengtem Kalzit, Granat nebst wenig Tremolit und Quarz bildeten. Die Erze enthalten im Durchschnitt 5% Kupfer, sowie 240 g Silber p. t und eine sehr geringe Menge Gold. Eine übersichtliche Darstellung gab J. D. Villarello. Le Minéral d'Aranzú. Guide Congr. Géol. Intern. Mexico. 1906. XXV.

[2]) Wichtigste Literatur: F. C. Smith. Trans. Am. Inst. Min. Eng. 27. Bd., p. 415. — J. D. Irving. *A Contribution to the Geology of the Northern Black Hills.* Annals New York Ac. of Sc., Vol. XII, Nr. 9, p. 296—311.

einem Grundkonglomerat. Darüber folgt häufig eine Quarzitbank und unmittelbar darauf ein kalkiger Sandstein oder Kalkschiefer, der zum Hangenden die gewöhnlichen Sandsteine und Schiefer der Formation hat, zuweilen auch porphyrische Intrusivdecken.

Die Erzkörper befinden sich innerhalb der kalkigen Schichten unmittelbar über dem Quarzit, in einigen Fällen auch innerhalb von ein paar höher gelegenen kalkigen Horizonten. Sie sind ihrer Gestalt nach sehr unregelmäßige, immer aber sehr langgestreckte, in vertikaler Richtung nie über die Mächtigkeit der kalkigen Schicht hinaus wachsende Massen, die an ihren seitlichen Grenzen mit dem normalen Schichtgestein wie verzahnt erscheinen (siehe Fig. 273). Der Länge nach werden sie immer von einer vertikalen, dieselben Erze führenden Spalte

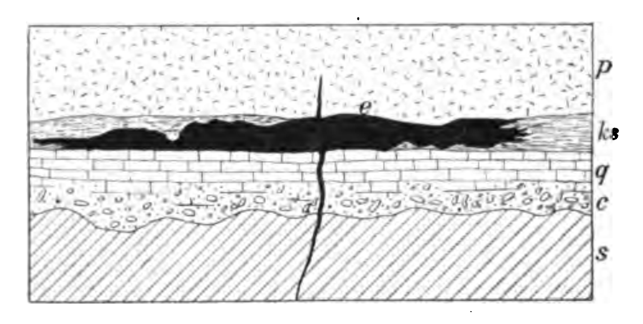


Fig. 273.
Querprofil durch eine Golderzlagerstätte der American Expreß-Grube nach Irving.
p Porphyr, *ks* kalkige Sandsteinschiefer und kalkige Schiefer, *q* Quarzit, *c* Konglomerat, *s* kristalline Schiefer, *e* Erz. — Profilhöhe 5 m.

durchzogen, die eine Strecke weit ins Liegende hinunter verfolgt werden kann.

Die Erze bestehen aus kieseligen Massen von drusiger Struktur, innerhalb deren Hohlräume man winzige Kriställchen von Quarz, Kalkspat, Flußspat, Pyrit oder dessen Zersetzungsprodukte wahrnehmen kann. Obwohl die Erze 124—250 g Tellur, 10—18 g Gold und bis 342 g Silber pro t enthalten, lassen sich weder Freigold noch Telluride als solche darin erkennen. Auch etwas Thallium ist übrigens darin nachgewiesen worden.

In diesen Lagerstätten liegen deutliche Verdrängungsbildungen kalkiger Schichten vor. Die erzführenden Lösungen stiegen, den erwähnten Spalten folgend, aus der Tiefe auf. Nach ihrer Zusammensetzung, von der Form ganz abgesehen, müssen diese Vorkommnisse mit den gangförmigen Golderzlagerstätten von Cripple Creek parallelisiert werden. Wie diese sind sie durch Tellurgehalt und die Be-

gleitung von Quarz mit Flußspat charakterisiert. Wie wir die sonst in Nordamerika so seltenen Phonolithe im Cripple Creek Revier vorfanden, so treffen wir sie auch hier in den Black Hills an. Die Schächte, mit denen man die Erzlager aufschloß, haben zum Teil phonolithische Intrusivmassen zu durchteufen gehabt, und die erzführenden Spalten, längs welchen die Vererzung des Kalkes erfolgte, halten sich zuweilen am Salband von phonolithischen oder auch porphyrischen Gängen.

Übrigens finden sich nach J. D. Irving auch im karbonischen Kalkstein der Black Hills (im Ragged Top Distrikt) Vererzungszonen von gleicher Zusammensetzung, die aber hier gewöhnlich die Schichten vertikal durchsetzen (a. a. O., S. 311).

2. Die Golderzlagerstätten im Dolomit bei Pilgrimsrest in Transvaal.

Pilgrimsrest liegt im Lydenburger Distrikt inmitten des Gebirgslandes zwischen dem Olifantsfluß im N. und dem Elandsfluß (Krokodilsfluß) im S. Während das benachbarte Tiefland in der Hauptsache aus Granit aufgebaut ist, wird die von dem 2595 m hohen Mauchberge (Mt. Anderson) überragte Bergkette bei Pilgrimsrest[1]) von einem nur wenig nach West geneigten Schichtensystem gebildet, das sich nach A. L. Hall in folgender Weise von oben nach unten gliedert:

Die Maghaliesberg Quarzite Schiefer mit intrusiven Diabasplatten Die Daspoort Quarzite Schiefer mit intrusiven Diabasen Die Timeball Quarzite Schiefer mit intrusiven Diabasen	Pretoria oder Lydenburg Serie	Transvaal System Molengraaffs.
Dolomit und Hornsteinbänke Dünnes Quarzitband Dolomit und Hornsteinbänke	Dolomit Serie	
Quarzite und Sandsteine Schieferige Sandsteine Quarzite und Sandsteine	Black Reef Serie	

Alte Granite des Swaziland Systems (Archäischen S.).

Eine Anzahl dieser Horizonte enthält goldführende Lagergänge oder Imprägnationszonen und zwar die folgenden:

---

[1]) J. Kuntz. *Über die Goldvorkommen im Lydenburger Distrikt.* Z. f. pr. G., 1896, S. 433—441. — P. R. Krause in dem Aufsatz: *„Erzführung der Witwatersrand-Konglomerate“.* Z. f. pr. G., 1898, S. 19—21. — A. Bordeaux. *Études sur les champs aurifères de Lydenburg etc.* Ann. d. Mines 9, XI., Paris 1897, p. 300. — J. G. Bousquet. Jaarrapport van den Staats-myning, over het jaar 1896. D. Pretoria 1897. — J. Thord-Gray. *Notes on the geol. of the Lydenburg Gold Fields.* Trans. Geol. Soc. S. Africa. Vol. VIII, 1905, p. 66—82. — A. L. Hall. *The Geol. of the Central Portion of the Lydenburg Distr.* Transvaal Min. Dep. Report for 1906, p. 74—100. Pretoria 1907. — Briefl. Mitt. von A. von Dessauer 1908.

1. auf der Farm Nooitgedacht 10 km in ONO. von Lydenburg:
   das goldhaltige Finsburg Reef im Daspoort Quarzit,
   das Button Reef in den Schiefern unter einem Diabasmandelstein im Liegenden des vorigen,
   das Davidson Reef im gleichen Horizont;
2. auf der Farm Frankfort im N. von Pilgrimsrest:

das Language Reef und das Shale Reef	innerhalb von Schiefern	der Pretoria Serie;
das Bevet Reef	ganz an der Basis	

3. bei Pilgrimsrest und auf der Farm Elandsfontein:

das Theta Reef das Beta Reef	in der Dolomit Serie.

Aus dieser Übersicht geht hervor, daß diese epigenetischen Goldlagerstätten nicht nur dem Dolomit, sondern sehr verschiedenen geologischen Horizonten eingeschaltet sind. Wir wollten sie aber nicht auseinander reißen und besprechen sie daher alle an dieser Stelle. Alle, auch die im Dolomit, haben das Aussehen echter Gangquarze. Im unzersetzten Zustand führen sie Pyrit oder Kupferkies, welche letztere verschiedene sekundäre Kupfererze liefern. Die Goldgehalte liegen gewöhnlich zwischen 11,5—19,5 g p. t.

Die wichtigste Grube des Gebietes ist die Clewer Grube, die auf dem Theta Reef baut, das bis 2 m mächtig ist. An einigen Stellen legen sich indessen mehrere Reefs zu einem 4,5 m mächtigen Erzkörper zusammen.

Die Beta Grube hat im Hangenden eine 2,4—3 m dicke Diabasplatte. Darunter folgt eine 1,2—1,8 m mächtige Manganmulmbank, unter dieser eine 1,2 m mächtige Hornsteinlage und dann das bis 0,6 m mächtige Reef. Im Dolomit seines Liegenden tritt stellenweise eine zweite Diabasplatte auf.

Verwerfungen sind nicht selten. So werden die Lagerstätten der Clewer-Grube durch einen Gang von Diabasporphyrit verworfen.

Da die Aufschlüsse in der Hauptsache noch über dem Grundwasserspiegel liegen, kennt man die mineralogische Zusammensetzung dieser Lagerstätten meist nur in der Oxydationszone. Ihre Hauptmasse besteht hier aus einem selten kompakten und festen, meist schwammig-porösen, zuweilen ganz bimssteinartigen Quarz, der manchmal zu Staub zerfallen ist. Die festen Erze sind die ärmsten. Das Gold ist sehr fein beigemengt und nur selten mit bloßem Auge erkennbar. Außerdem enthalten die Erzkörper viel Eisenocker und Wad, Klumpen von Kupfer-

karbonaten, namentlich Kupferlasur und an gewissen Stellen nach uns vorliegendem Material Wismutocker.

Durch Höhlenbildung im Dolomit nach Ablagerung der Erze und den Zusammensturz des Daches solcher Höhlungen sind die Lagerstätten stellenweise in ganz chaotische Haufwerke verwandelt worden. Da durch seitliche Auslaugung des Dolomites parallel den Schichtfugen an den Ausstrichen die Mächtigkeit dieses Gesteines etwas geschwunden ist, so sind die hangenden Schichten mit den Flötzen hier nachgesunken, wobei der Einfallswinkel vergrößert wurde. Die Schichten fallen infolgedessen am Ausstrich bergauswärts.

Ganz ähnliche Golderzlagerstätten findet man in demselben Gebiet nun auch in der Black Reef Serie innerhalb von deren Schiefern und Quarziten, so z. B. Sherwells Reef bei der Belvedere Mine. Es führt abweichend anstatt Pyrit Eisenspat.

Derselbe Dolomit, der übrigens seiner stratigraphischen Stellung nach mit dem Malmanidolomit zusammenfallen dürfte (siehe II. S. 184), wird in dem Gebiet von Pilgrimsrest auch von steil einfallenden Goldquarzgängen durchsetzt. Diese haben eine Mächtigkeit von nur Papierstärke bis 0,15 m und liegen etwa 15 m einer von dem anderen entfernt. Trotz dieser geringen Mächtigkeit lieferten sie bisweilen reiche Erträge an grobem Gold. A. von Dessauer berichtete uns über die Abhängigkeit des Erzgehaltes dieser kleinen Gänge vom Nebengestein, wie dies z. B. auf der Lisbon-Berlin Mine 12 km im N. von Pilgrimsrest zu beobachten war: Alle sind ganz gleichmäßig taub im zersetzten Diabas, sehr arm (bis 10 g p. t) im Sandstein, reicher (30—90 g p. t) im schieferigen Sandstein, sehr reich (2—25 kg p. t) und mit viel Freigold im Schiefer. Der Abbau beschränkte sich daher bei diesen oft kaum fingerdicken Quarzgängen nur auf die Schiefer. Ganze große Gangflächen, durch das netzartige Freigoldgeäder zusammengehalten, konnten zuweilen wie ein Teppich abgezogen werden. 1879/80 trieben dort nach Schließung der Goldfelder durch die Regierung die nächtlichen Goldräuber (moonshiners) ihr Unwesen.

Die Golderze treten in den lagerartigen Erzkörpern deutlich als metasomatische Verdrängungsbildungen auf. Am einleuchtendsten ist das bei den Vorkommen im Dolomit. Es ist wohl höchst wahrscheinlich, daß man in den Gängen die Zufuhrkanäle zu sehen hat, von denen aus die goldhaltigen Lösungen sich seitlich ins Gestein verbreiten konnten.

Die eben beschriebenen Lagerstätten sind jedenfalls der Ursprung für die Bildung der früher reichen Goldseifen am Mac Mac River, am Spitzkop, Graskop, bei Pilgrimsrest u. a. O. in diesen Gegenden.

Im Jahre 1907 betrug die Erzproduktion des Lydenburg-Distriktes 153000 t, das Goldausbringen 2594 kg.

Große Ähnlichkeit mit den Golderzlagerstätten von Pilgrimsrest besitzen die von R. W. Barrell[1]) beschriebenen der Golden Leaf-Gruben im Beaverhead County im südwestlichen Montana. Im Kalkstein nahe an dessen Auflagerung auf dem Granit befinden sich hier mit goldhaltigem Quarz teilweise erfüllte Hohlräume, die mit schmalen Quarzgängen in Verbindung stehen. Auch im Granit selbst werden Goldquarztrümer wahrgenommen.

g) Epigenetische Erzstöcke der Antimonerzformation.

1. Die Antimonerzlagerstätten von Kostainik in Serbien.

Antimonerze als Verdrängungsbildungen inmitten von Kalksteinen beschrieb man aus Serbien, in dem Gebiet von Kostainik[2]). Hier sind neben solchen rein metasomatischen Antimonerzkörpern auch gangförmige Vorkommnisse bekannt, die wir der besseren Übersicht wegen zugleich mit jenen behandeln wollen.

Die Antimonerzlagerstätten der Umgegend von Kostainik liegen ganz im Westen des Landes in einer gebirgigen, waldreichen Gegend im Gebiete der Flüsse Styra und Bornia, die dem Grenzfluß Drina zuströmen, sowie auch im Quellgebiet der Grabiteba. Die Fundstellen bilden einen von NW. nach SO. verlaufenden, 16 km langen und 1,5 km breiten Zug.

Die Hauptmasse des dortigen Gebirges wird von lichtgrauen bis aschgrauen, plattig geschichteten Kalksteinen wahrscheinlich triasischen Alters gebildet, die konkordant von grauen und schwärzlichen milden Tonschiefern, zum Teil auch von deutlich klastischen Grauwackenschiefern überlagert werden.

Diese Kalke und Schiefer sind nun an zahlreichen Punkten von Biotittrachyten, bei Ravanitza und wohl auch anderwärts außerdem noch von Hornblendeandesiten von trachytischem Habitus durchbrochen worden. Diese Eruptivgesteine bilden Gänge, Lagergänge und Stöcke innerhalb jener Schichten, vielleicht auch effusive Massen. Mit ihnen sind die Antimonerzlagerstätten räumlich auf das engste verknüpft.

Die Erze bestehen überall ganz ausschließlich aus Antimonglanz, der sekundär in Valentinit und Stiblith, sowie in andere Formen des Antimonockers umgewandelt ist und nur von wenig Gangarten, nämlich

[1]) R. W. Barrell. *The Mineral Formation of the Golden Leaf Mines.* Eng. Min. Journ. 1897, LXIV, p. 64.

[2]) R. Beck und W. von Fircks. *Die Antimonlagerstätten von Kostainik in Serbien.* Z. f. pr. G. 1900, S. 33—36.

von Quarz und Kalkspat begleitet wird. Als weitere nur sehr untergeordnete Gefährten des Antimonglanzes von sekundärer Bildungsart kommen noch hinzu kleine, unvollkommen ausgebildete Kristallgruppen von gediegen Schwefel und recht scharf entwickelte, bis hirsekorngroße Kristalle von Senarmontit.

Die Erze treten in drei verschiedenen Erscheinungsformen auf:

I. Nester und Trümer von Antimonglanz nebst Quarz und Kalkspat im zersetzten Trachyt.

Solche finden sich in den Gruben von Kik und Stolitza.

II. Gänge der Antimonerzformation inmitten der Schiefer.

Bei diesem vorläufig nur auf Rovinè beschränkten Vorkommen handelt es sich um einen unter 30° einfallenden zusammengesetzten Gang. Zwischen zwei parallelen Leitklüften, die in spitzem Winkel die Schichtung und Schieferung des Nebengesteins

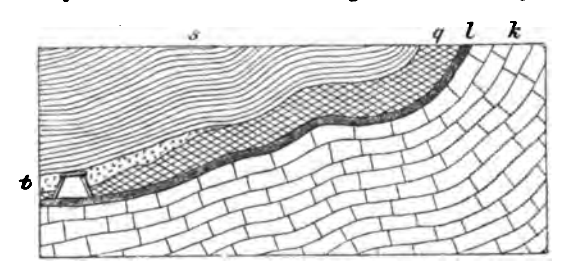


Fig. 274.
Lagerartiges Vorkommen des Antimonerzes bei Kostainik.
q Quarzige Lagermasse mit Antimonerz, *l* Letten, *k* Kalkstein, *s* Tonschiefer, *t* Trachyt.

durchschneiden, befindet sich eine bis über 1 m mächtige Zone von sehr zahlreichen, meist wie die Sprossen einer Leiter quergestellten Trümern. Die liegende Kluft ist immer die reichste, die hangende meist erzleer. Die Quertrümer schneiden an den beiden Leitklüften ab und sind reich an Antimonglanz mit Quarz und Kalkspat. Außerhalb der von den Leitklüften eingeschlossenen Zonen kommen nur taube Kalkspattrümer vor.

III. Lagerartige Erzmassen.

Die meisten der zahlreichen kleinen Gruben und Schürfe, besonders Zavorie II bis IV, Podstenye, Styra (z. T.), Dolovie, Ravanitza (z. T.), Dole, Gutschewo und Brassina bauen jedoch auf lagerartigen Vorkommnissen, die als Liegendes den Kalkstein und als Hangendes die Schiefer haben. Immer ist ein Trachytdurchbruch in der Nähe, auch begleiten häufig schmale Trümer dieses Gesteines das Salband dieser Lagerstätten oder durchsetzen die Erzmassen mit bald parallelem, bald spitzwinkelig dazu verlaufendem Streichen (Fig. 274). Diese Lagerstätten bestehen aus einer dunkelgefärbten, sehr fein kristallinen Quarzmasse, die eng mit büscheligen Aggregaten von Antimonglanz verwachsen ist. Die dunkle Farbe des Quarzes rührt von mikroskopisch kleinen Stäubchen von Bitumen oder Kohle her, die besonders zwischen den Be-

grenzungsflächen der winzigen polyedrischen Quarzkörnchen verteilt sind, aber auch als Einschluß in deren Innern vorkommen. Der Antimonglanz ist meist oberflächlich oder durchaus in Antimonocker, Stiblith oder Valentinit umgewandelt, sehr häufig ist er auch gänzlich wieder ausgelaugt, sodaß der graue Quarz nur die Hohlformen der Antimonglanzstengel enthält. Zuweilen ist die quarzige Erzmasse zerdrückt und dann von neuem durch Quarz oder Kalkspat verkittet worden. In solchen brekzienartigen Partien kommen auch ganz unregelmäßige Drusenräume vor, deren Wände mit Quarzkriställchen besetzt sind, auch hier und dort winzige kristalline Aggregate von gediegen Schwefel und Kriställchen von Senarmontit enthalten. Mitunter, wie z. B. bei Zavorie II, werden die quarzigen Erzmittel von Kalkspattrümern schräg durchzogen.

Diese Erzmassen sind an manchen Punkten ganz parallel der Schichtung des Schiefers und Kalksteines eingeschaltet und machen so einen lagerartigen Eindruck besonders dort, wo die Grenzfläche zwischen diesen Gesteinen durch Faltung im Querprofil einen gewundenen Verlauf nimmt. In anderen Fällen aber sieht man die erzführende Quarzmasse mit sehr unregelmäßigen, oft die Bankung überschneidenden

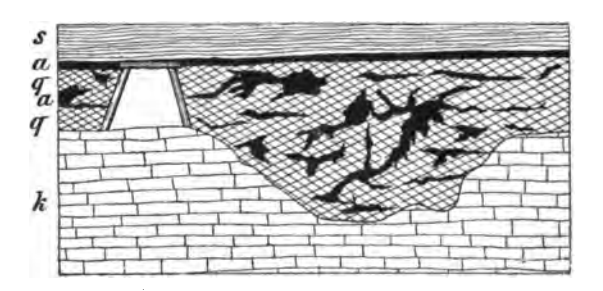


Fig. 275.
Eingreifen des Antimonerzlagers von Zavorie III in den Kalkstein.
a Antimonerz, sonst wie Fig. 274.

Grenzlinien in die liegenden Kalke eingreifen, sodaß die Vermutung nahe liegt, es seien hier größere Partien von kohlensaurem Kalk ausgelaugt und durch die quarzige Erzmasse ersetzt worden. Dies wird namentlich durch Fig. 275 veranschaulicht, die ein Querprofil durch die 2—6 m mächtige, sehr reiche Erzmasse von Zavorie III darstellt. Die dortige Aushöhlung im liegenden Kalkstein wurde als eine unregelmäßige Rinne mehrere Meter weit verfolgt. Am Salband der Erzmittel, und zwar sowohl im Hangenden an der Schiefer- oder Trachytgrenze, als auch im Liegenden finden sich nicht selten schmale Lettenlagen. Außerdem kommen Lettenklüfte vor, die schräg durch die Erzmittel hindurchsetzen, wie z. B. ebenfalls bei Zavorie III an einer anderen Stelle.

Alle die beschriebenen Erscheinungen scheinen uns darauf hinzudeuten, daß die Antimonerze von Kostainik aus Lösungen abgesetzt sind, die in das bereits fertige Schichtengebäude dieser Gegend eindrangen. Ob diese Lösungen ihren Antimongehalt aus dem trachytischen Herd der Tiefe entnommen haben und ob ihr Aufsteigen vielleicht noch ein Nachklang der Eruptionsvorgänge war, entzieht sich vorläufig der sicheren Beurteilung, liegt aber jedenfalls sehr nahe. Die Lösungen hinterließen ihre Absätze nicht nur in den auf ihrem Lauf zunächst benutzten Spalten und Klüften,

sondern drangen auch seitlich auf den Schichtfugen des Kalksteines vor, und zwar immer dort, wo ein relativ schwerer durchlässiges Gestein, die Schiefer, ihrem weiteren Empordringen Schranken setzte. An der Gesteinsgrenze stagnierten sie, lösten den liegenden kohlensauren Kalk nnd tauschten damit ihre mitgebrachte mineralische Last aus.

2. Die Antimon- und Arsenlagerstätte von Allchar in Mazedonien.

Bei Allchar unweit Rozsdan in Mazedonien, nordwestlich von Saloniki, befindet sich eine durch viele Arsensulfide ausgezeichnete Lagerstätte, die in mancher Beziehung sich an die serbischen Vorkommen anschließt. Nach A. Hofmann[1]) besteht sie aus Adern, Schnüren, Nestern, Drusen und kompakten Linsen von Antimon- und Arsenerz in einem dolomitischen Kalkstein, im unmittelbaren Liegenden von dem aufgelagerten Glimmerschiefer. Die vererzte Zone konnte auf eine Strecke von über 4 km verfolgt werden. Im südlichen Teile führt der Ausstrich auf 2,5 km Länge in quarziger Gangart Antimonglanz, der vielfach in Stiblith, Cervantit, auch Valentinit und Rotspießglaserz umgewandelt ist, auch sekundären Schwefel und Gips enthält. Im nördlichen Teil dagegen herrschen Realgar und Auripigment, und es findet sich gelegentlich der von J. Krenner als sekundäre Bildung beschriebene Lorandit (AsS_2Tl). Untergeordnete Begleiter sind Pyrit, Kalzit, Aragonit und Aluminit. Realgar und Auripigment sind wohl sekundär gebildet, denn A. Frenzel fand im Innern des Auripigments Kerne von frischem Arsenkies.

Seit 1889 wurden die arsenfreien Antimonerze mit einem Metallgehalt von 54—60 % exportiert, später auch die Arsenerze, vorzüglich nach Freiberg in Sachsen.

Man vergleiche Allchar auch mit den Gängen von Matra (Korsika) I. S. 499.

Ähnliche Lagerstätten in Italien.

Eine Reihe von stockförmigen Antimonerzvorkommen an der Gesteinsgrenze zwischen rhätischem Kalkstein und permischem Schiefer finden sich in Toskana, so bei Rosia unweit Siena, bei Orbetello in der Provinz Grosseto u. a. O. Bei Rosia wird der Antimonglanz teils von Kalzit, teils von Quarz begleitet. Das Nebengestein ist verkieselt. Man kennt von dort schöne Kristallgruppen von Antimonglanz, die oberflächlich in Antimonocker umgewandelt sind und Kriställchen von gediegen Schwefel und Valentinit aufsitzen haben.

[1]) A. Hofmann. *Antimon- und Arsen-Erzbergbau Allchar in Mazedonien.* Österr. Z. f. B. u. H., 39. Bd. 1891. S. 167—173. Vergl. auch H. B. v. Foullon. *Über Antimonit und Schwefel von Allchar.* Verh. k. k. geol. R. Wien 1890. S. 318—322.

Auch die in devonischen kohlereichen Schiefern nahe der Silurgrenze eingeschlossenen Antimonerzstöcke der Grube Su Suergiu bei Villasalto auf Sardinien sind hier zu erwähnen.

Zusammenfassender Rückblick auf die epigenetischen Erzstöcke.

Als die wichtigsten Vorbedingungen für diese Klasse von Erzlagerstätten haben wir kennen gelernt das Vorhandensein von kalkigen und dolomitischen Gesteinen, besonders solchen, die bituminöse oder sonstige kohlenstoffhaltige Beimengungen führen, ferner die Durchklüftung solcher Gebirgsmassen durch weit in das Erdinnere hinabreichende Spalten und Zerrüttungszonen und häufig endlich auch die Gegenwart von schwer durchlässigen Einlagerungen sedimentären oder eruptiven Ursprungs gewöhnlich im Hangenden der erzführenden Region.

Die Karbonatgesteine wirken hierbei in erster Linie in folgender Weise: das Kalziumkarbonat ist gegenüber auch nur schwach saueren Lösungen, besonders solchen, die freie Kohlensäure enthalten, leicht löslich. Die fortgesetzt beim Auflösen frei werdende Kohlensäure vermehrt und ersetzt immer wieder die Energie des Lösungsmittels. Gleichzeitig werden die ursprünglich von dem Karbonatgestein umschlossenen Teilchen an Kohlenstoff reicher Substanzen in demselben Maße frei, wie der Vorgang fortrückt, und können nun als immer frisch bereitete Reduktionsmittel zur Ausfällung von Metallsulfiden aus den in den Lösungen vorhandenen Sulfaten dienen. Ihre Wirkung ist um so kräftiger, als sie bei ihrer feinen Verteilung im Wasser suspendiert und allen Angriffspunkten gleichmäßig zugeführt werden können. Die gebildeten Sulfide nehmen Molekül nach Molekül den Raum ein, den vorher die Karbonate des Gesteines inne hatten. Die erzeugten Erzmassen müssen natürlich räumliche Abhängigkeit zeigen von den Zufuhrswegen der Lösungen einerseits und von den wasserstauenden Zwischenmassen andererseits. Wo der Betrag der zerstörten Karbonate größer ist als der Zuwachs an Neubildungen, können auch Hohlräume entstehen, die wiederum durch Mineralkrusten ausgefüllt zu werden vermögen. Wir sahen darum die eigentlichen Verdrängungsvorgänge nicht immer scharf geschieden von Ausfüllungsvorgängen. Stalaktiten und ähnliche Bildungen sind bei letzteren natürlich nur dann möglich, wenn die Hohlräume

über den Grundwasserspiegel zu liegen kommen oder von den Zufuhrkanälen eine Zeitlang abgeschnitten und entwässert worden waren.

Eine sehr wesentliche Verschiedenheit derartiger epigenetischer Erzstöcke von den Erzgängen besteht im wesentlichen nur der Form nach. Auch bei den Gängen sahen wir Verdrängungsvorgänge im Nebengestein in ausgedehntem Maße im Werke, und umgekehrt treffen wir bei den Stöcken nahezu dieselben Mineralgesellschaften wieder, wie bei den Erzgängen. Mineralogische Unterschiede bestehen mehr nur bei den Gangarten, wie das zu erwarten ist bei der starken Reaktion der großen Mengen von Substanz, die aus dem Nebengestein in Lösung ging. Hiervon abgesehen erkannten wir in der Reihe von epigenetischen Erzstöcken die wichtigsten Vertreter der sog. Gangformationen wieder, ein Beweis dafür, daß Gänge sowohl wie Stöcke denselben, meist thermalen Lösungen ihre Entstehung verdanken.

Sechster Abschnitt.

Die Hutbildungen.

Unter der Bezeichnung Hutbildungen fassen wir alle die Veränderungen zusammen, welche die Erzlagerstätten in ihrer Zusammensetzung und Struktur oberhalb und unmittelbar unterhalb des Grundwasserspiegels in der vadosen Region F. Pošepnys[1]) erleiden. Der Grundwasserspiegel im Sinne der Lehre von den Erzlagerstätten ist die Fläche oder, im Profil betrachtet, die Linie, bis zu welcher die nach der Tiefe verfallenden atmosphärischen Wässer ansteigen. Das hydrostatische Becken, das diese Wässer unterhalb dieser Linie füllen, wird in den meisten Fällen ein höchst verwickeltes und verzweigtes System von Spalten, Schichtfugen, Kapillarräumen und Lücken zwischen den Bestandteilen poröser Gesteine darstellen. Die Höhe der Grundwasserlinie wird abhängig sein von der Lage der Abflußwege des unterirdischen Wassers, sei es nach Punkten an der Erdoberfläche hin, sei es nach tieferen Wasseransammlungen zu, die vielleicht, durch relativ undurchlässige Schichten von den oberen getrennt, erst auf Umwegen vom Wasser erreicht werden können. Im allgemeinen schmiegt sich die Grundwasserlinie der topographischen Profillinie bis zu einem gewissen Grade an, indem sie von den Flußtälern und der Meeresküste an, wo ihre Lage mit der Erdoberfläche beinahe zusammenfällt, mit dem ansteigenden Terrain ebenfalls ansteigt. In Gebirgen mit vielen weiten Hohlräumen, wie in hochgelegenen Kalksteinlandschaften, wo die atmosphärischen Wässer bis in große Tiefe den großen unterirdischen Flüssen zueilen können, kann der Grundwasserspiegel bis über 500 m tief liegen, wie dies z. B. S. F. Emmons aus dem Tintic Distrikt in Utah berichtet[2]).

---

[1]) F. Pošepny. *Über die Genesis der Erzlagerstätten.* 1895. S. 24.
[2]) Trans. Am. Inst. Min. Eng., Febr., 1900.

Zu Mapimí in Mexiko fand man in den dortigen Silber-Bleierzgruben sogar erst in 700 m Tiefe Grundwasser (J. F. Kemp). Wieviel hierbei auf das herrschende Gestein ankommt, zeigt das angeführte Beispiel vom Tintic Distrikt. Nur 1—2 km von den Gruben im Kalkstein liegen dort andere, deren Gestein Monzonit (Augitsyenit) ist. Hier stand das Grundwasser bis nahe an der Oberfläche, und die Folge war, daß die Hutbildung nur ganz gering war (J. F. Kemp).

Auch nach unten hin ist die Grenze des Grundwassers nicht überall in gleicher Tiefe zu suchen. Längst ist man davon abgekommen anzunehmen, daß bis in praktisch unermeßliche Tiefe hinunter Grundwasser anzutreffen sei (vergl. II. S. 64). Jetzt wird die untere Grenze etwa bei 500—600 m angenommen. J. W. Finch[1]) gibt der gesamten Grundwassersäule nur eine Höhe von 300—450 m. Er unterscheidet drei Zonen in derselben: 1. die Zone der Ansammlung, d. h. die Zone über dem gewöhnlichen Grundwasserspiegel; 2. die Zone des in Fließbewegung befindlichen Grundwassers; 3. die Zone im untersten Niveau der Grundwassersäule mit hohem Druck und höherer Temperatur (static zone).

Bei wissenschaftlichen Beschreibungen von Lagerstätten ist es erwünscht, möglichst genau die natürliche Lage des Grundwasserspiegels zu ermitteln, da die Kenntnis derselben in vieler Hinsicht von theoretischem und praktischem Werte ist. Auch müssen etwaige Verschiebungen dieser Wasserlinie im Laufe geologischer Zeiträume berücksichtigt werden.

Der nun folgende Abschnitt von den chemischen Veränderungen über dem Grundwasserspiegel gilt nicht nur für die Erzgänge, sondern ganz allgemein für alle beliebigen Erzlagerstätten, da diese Veränderungen nicht von der Form und ursprünglichen Genesis, sondern lediglich von der chemischen Zusammensetzung der nicht veränderten Lagerstätten abhängig sind.

Im obersten Teile der Erdkruste, oberhalb des Grundwasserspiegels, zum Teil auch noch eine Strecke unterhalb desselben, erleiden die meisten Bestandteile der Erzlagerstätten, wie das bereits an vielen Einzelfällen erwähnt werden mußte, eine Umwandlung von seiten der atmosphärischen Luft und der von der Oberfläche her nach der Tiefe sickernden Wässer, die Sauerstoff, Kohlensäure, organische Säuren, wohl auch Chlorammonium und Schwefelwasserstoff enthalten. Die

---

[1]) J. W. Finch. *The circulation of underground aqueous solutions and the deposition of lode ores.* Colorado Sci. Soc. Proc. vol. 7. p. 193—252, 1904.

entstehenden Neubildungen sind selbstverständlich so verschieden, wie die Zusammensetzung der noch nicht zersetzten Lagerstätte. Ganz im allgemeinen gesprochen werden die in den meisten Vorkommnissen vorwaltenden sulfidischen Erze hierbei ersetzt durch oxydische Erze verschiedener Art, durch Karbonate und Sulfate, ferner durch gediegene Metalle, Chlor-, Brom-, Jodverbindungen, Phosphate und Silikate. Da die verbreitetsten Endprodukte der Zersetzung Braun- und Roteisenstein sind und zwar auch dort, wo es sich nicht um eigentliche Eisenerzlagerstätten handelt, und da diese Neubildungen sich schon durch die rotbraune Färbung des Ausgehenden dem Beobachter leicht verraten, pflegt man die oberste zersetzte Region einer Lagerstätte und besonders auch eines Ganges als „Eisernen Hut“ zu bezeichnen. Auch die Franzosen sprechen vom „Chapeau de fer“, während der englisch redende Bergmann diese Gebilde mit einem Cornwaller Ausdruck „Gossan“ benennt.

Die Eisenerze, besonders Brauneisenerz, bilden bei gemischt zusammengesetzten Gängen gleichsam das feste Skelett des Eisernen Hutes, um das herum die übrigen, meist weicheren oder leichter löslichen Neubildungen sich ansiedeln. Werden diese letzteren dann schließlich auch noch weggeführt, so entsteht eine ganz charakteristische, poröse, zellige, oft schlackenähnliche Struktur des Ausgehenden. Daher findet man Bezeichnungen wie „burnt reefs“ für derartige Ausstriche. Die Färbung ist in solchen Fällen eine schwärzliche, besonders wenn neben dem Brauneisenerz auch Psilomelan und andere Manganerze, wie so oft, teilnehmen.

Da das so übrig bleibende Skelett, wenn wenig Quarz zugegen ist, von dem seitlichen Gebirgsdruck nahe unter der Erdoberfläche stark zusammengedrückt werden kann, findet man so häufig, daß die Erzgänge im Hut eine viel geringere Mächtigkeit besitzen, als unterhalb der Zersetzungszone und oft ein ganz unscheinbares Äussere erhalten haben, wie man das z. B. bei den Gangausstrichen in den Eisenbahneinschnitten bei Freiberg beobachten kann.

Die rötliche Färbung ist nicht immer vorhanden. Wo in der Teufe sulfidische Kupfererze herrschen, nimmt der Eiserne Hut vielfach eine recht bunte und grelle Färbung an, und es enstanden so in der südamerikanisch-spanischen Bergmannssprache die Ausdrücke „Colorados“, oder „Pacos“ für die Erze unmittelbar am Ausgehenden, „Mulattos“ für eine tiefere Zone, wo sich hauptsächlich Einfach-Schwefelverbindungen vorfinden, und endlich „Negrillos“ für die noch

tiefer folgenden, dunkelgefärbten Mehrfach-Schwefelverbindungen der normalen, unveränderten Erzkörper.

Mehr auf das metallurgische Verhalten der Erze beziehen sich die in Chile gebräuchlichen Ausdrücke Metales calidos, d. i. warme Erze für die Hutbildungen, weil sie bei Gegenwart von Eisen und einer geeigneten Lauge sich direkt und unter Wärmeentwicklung mit Quecksilber amalgamieren, was die sulfidischen Metales frios, d. i. kalte Erze größerer Teufe nicht tun.

Je reicher an Erzen die eigentlichen Lagerstätten sind, desto massenhafter erscheinen an der Oberfläche die Sekundärprodukte, desto stattlicher zeigt sich der Eiserne Hut, und ohne eine solche eisenreiche Zersetzungszone ausstreichende Klüfte lohnen selten die Mühen des Schürfers. So entstand das viel zitierte Sprichwort:

Es tut kein Gang so gut,
Er hat nicht einen Eisern Hut;

oder, wie man in Cornwall sagt:

Gossan rides a high horse.

Sehr großen Einfluß haben die klimatischen Bedingungen auf die Bildung des Eisernen Hutes. In regenarmen, trockenen Gegenden, wie in Südafrika, in der Wüste Atacama, im Great Basin von Nordamerika, im Innern von Australien, wo die abspülende Tätigkeit des meteorischen Wassers eine geringe ist, wo die Zerstörung einer Lagerstätte weniger durch Regenwasser, als durch den schroffen Temperaturwechsel bei einer starken Besonnung und einer darauffolgenden bedeutenden Ausstrahlung, sowie durch die abräumende Arbeit des Windes sich vollzieht, der die schweren, metallischen Teile zurückläßt, die leichteren Zersetzungsprodukte fortführt, ist der Eiserne Hut ganz besonders erzreich. Die metallischen Verbindungen werden hier in hohem Grade konzentriert. Ganz ohne Regen sind ja auch diese Gegenden nicht, und wenn sie oft lange desselben völlig entbehren, erfreuen sie sich wenigstens einer Betauung, so daß auch hier die Umwandlungen sich in der Hauptsache auf wässerigem Wege vollziehen. Während aber anderwärts die löslichen Neubildungen weggespült und den Bächen und Flüssen übergeben werden, verharren sie hier im Eisernen Hut oder dringen nur auf Spältchen und Klüftchen in das ebenfalls zersetzte Nebengestein ein, um dieses oft auch abbauwürdig zu machen. Dies gilt besonders für die neugebildeten gediegenen Metalle, vor allem für das Gold. Der mit wachsender Teufe, bis dort, wo die unzersetzte Zone erreicht ist, rasch abnehmende Gehalt der Golderzgänge ist bekannt. Auch sind die bergmännischen Aushiebe in

der Oxydationszone in der Regel viel weiter, als in größerer Teufe, wo die starke sekundäre Imprägnation des zerrütteten Nebengesteines verschwindet oder wenigstens bedeutend nachläßt[1]).

Eine andere Eigentümlichkeit des Eisernen Hutes von Lagerstätten in trockenen Ländern ist der Reichtum an Haloidverbindungen der Metalle, besonders des Silbers. In solchen Landstrichen, besonders wenn sie zugleich abflußlose Gebiete darstellen, pflegt sich der Salzgehalt der bei der Zersetzung der verschiedensten Silikate entstandenen Lösungen in der oberšten Bodenschicht bei der fortwährenden starken Verdunstung des Wassers zu konzentrieren. So sind die Grubenwässer der Goldbergwerke Westaustraliens vielfach brakisch. Eines von der Great Boulder Mine zu Kalgoorlie enthielt nach T. A. Rickard 9 % Kochsalz. Ganz allgemein finden wir, daß dieselben Länder, die in Einsenkungen sog. Salzpfannen enthalten, zugleich sich auszeichnen durch einen großen Reichtum der Ausstriche ihrer edlen Erzlagerstätten an Chlor-, Brom- und Jodverbindungen.

Nach Van Hise[2]) ist auch von Bedeutung, daß in solchen trockenen Ländern der Grundwasserspiegel viel tiefer gelegen ist, als in feuchten. Die geringen Niederschläge vermögen daher sehr tief hinab zu sickern, ehe sie die den ursprünglichen Erzbestand einer Lagerstätte konservierenden Wassermassen antreffen, und können so auf einem sehr langen Wege gewisse Metalle konzentrieren, wie es weiter unten auseinander gesetzt werden wird. Da ferner in solchen Gegenden eine kräftige Erosion und Denudation fehlt, können diese Einflüsse sehr lange Zeit hindurch auf große vertikale Abschnitte eines Lagers oder Ganges ausgeübt werden.

Das andere Extrem der Entwicklung des Eisernen Hutes sehen wir verkörpert in den Ländern der nördlichen Hemisphäre, die in der Diluvialzeit vergletschert waren. Hier hat das Gletschereis die Oxydationszone der Lagerstätten fast gänzlich hinweggepflügt, eine neue hat sich in nennenswerter Mächtigkeit noch nicht wieder bilden können, sodaß man unmittelbar unter dem Rasen auf den normal zusammengesetzten Erzkörper stößt. Besonders die Ausstriche der schwedischen Magneteisenerzlager, die fast gar keine Brauneisensteindecke tragen, sowie der dortigen Blendelager ohne Hut von Galmei sind ein Beispiel hierfür.

---

[1]) J. R. Don. *The Genesis of Certain Auriferous Lodes.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., 27. Bd., 1898, p. 564—668.

[2]) C. R. Van Hise. *Some Principles Controlling the Deposition of Ores.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., Febr. 1900, p. 19.

Aber auch die über der Schneegrenze gelegenen Teile der Hochgebirge, selbst wenn sie keine Gletscher tragen, die den Hut hinweggepflügt haben, sind der Bildung einer Oxydationszone nicht günstig, weil das Wasser infolge des lang anhaltenden Frostes nur wenig zirkulieren kann.

Der Chemismus des Eisernen Hutes[1]) ist um so verwickelter, je mannigfaltiger die Zusammensetzung der ursprünglichen Lagerstätte ist.

Über diese Erscheinungen liegt eine sehr anregende Studie, auf die wir mehrfach zurückkommen werden, von S. H. Emmens[2]) vor.

Eine genaue Kenntnis der Mineralogie der Hutbildungen wird den Bergmann bei der Bewertung noch unvollständig aufgeschlossener Erzlagerstätten vor Irrtümern bewahren, die so oft in Gestalt von Überschätzungen der in größerer Tiefe zu erwartenden Durchschnittsgehalte gemacht worden sind, indem man besonders eine Erstreckung reicher Zementationszonen (siehe weiter unten) bis in unbeschränkte Tiefe angenommen hatte. P. Krusch hat diese praktische Seite der Geologie der Hutbildungen in Form von Übersichten und Regeln zusammengestellt[3]).

Es mögen zunächst nur solche Neubildungen im Eisernen Hut betrachtet werden, für deren Zustandekommen ein Sauerstoff- und Kohlensäuregehalt der Sickerwässer genügt. Auch das Wasser unterhalb des Grundwasserspiegels enthält noch etwas Sauerstoff, dessen Gehalt aber nach der Tiefe zu rasch abnimmt, wie Lepsius an Wasserproben in Bohrlöchern zeigen konnte[4]). Einzelne solche Vorgänge werden daher auch noch unterhalb des Eisernen Hutes möglich sein.

I. Neubildungen unter Mitwirkung von Sauerstoff und Kohlensäure.

Zunächst ist hierbei daran zu erinnern, daß die Erze in sehr verschiedenem Grade und somit auch verschieden schnell von dem Sauerstoff der Luft angegriffen werden, wie Laboratoriumsversuche uns belehren.

---

[1]) Anmerkung. Für diese und andere chemische Fragen der Lagerstättenlehre geben eine gute Einführung in die chemische Geologie: J. Roth. *Allgemeine und chemische Geologie.* 3 Bände. Berlin 1879—1893. — R. Brauns. *Chemische Mineralogie.* Leipzig 1896.

[2]) S. H. Emmens. *The chemistry of gossan.* Eng. and Min. Journal. 1892, p. 582—583.

[3]) P. Krusch. *Inwieweit lassen sich die Erze als Leiterze benutzen.* Z. d. D. G. G., 58, 1906, S. 100—119. — Derselbe. *Die Einteilung der Erze mit besonderer Berücksichtigung der Leiterze sekundärer und primärer Teufen.* Z. f. pr. G. 1907, S. 129—139.

[4]) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges., 18. Bd., S. 2487.

Freilich wird die Reihenfolge hierbei in der Natur vielfach abgeändert werden müssen, weil auch die gegenseitige Verwachsungsart der Erze und Gangarten mit von Einfluß ist, und es namentlich auf die jeweilig freiliegende Oberfläche der einzelnen Substanzen ankommt. So werden die wichtigeren Sulfide nach S. H. Emmens in folgender Reihenfolge von der Zersetzung ergriffen:

1. Markasit.
2. Pyrit.
3. Magnetkies.
4. Kupferkies.
5. Buntkupferkies.
6. Nickelkies (Millerit).
7. Kupferglanz.
8. Bleiglanz.
9. Zinkblende.

Die leichte Zersetzbarkeit des Markasites an feuchter Luft ist allen, die Erzstufen in Sammlungen zu konservieren haben, wohl bekannt.

Die ersten Endprodukte der Verwitterung dieses Erzes, wie auch des Pyrites und Magnetkieses sind Eisenvitriol, saure Eisensulfate und Schwefelsäure. Jeder kennt sie an den Ausblühungen unserer Gangstufen in den Museen und den zugehörigen zerfressenen Etiketten. Auch in den Grubenwässern sind sie vorhanden. Der Vitriol oxydiert sich aber in Lösungen rasch weiter zu verschiedenen Eisenoxydsulfaten, unter anderem auch dem neutralen. Man kann sich die Bildung nach folgender Formel denken:

$$2\,FeSO_4 + O + H_2SO_4 = \mathit{Fe_2(SO_4)_3} + H_2O.$$

Das so entstandene neutrale schwefelsaure Eisenoxyd bildet entschieden den Hauptbestandteil unserer Grubenwässer. (Siehe die weiter unten folgenden Grubenwasseranalysen). Auch kommt es bisweilen rein und unvermischt als sirupartige Substanz in den Grubenräumen vor, wie man z. B. im Jahre 1896 kleine Strömchen dieser an der offenen Luft rasch eintrocknenden Verbindung aus dem Bergeversatz in der Alten Mordgrube bei Freiberg konnte herausrinnen sehen. Bekannt ist sein Vorkommen zu Coquimbo in Chile (Coquimbit)[1].

S. H. Emmens schreibt dem neutralen Eisenoxydsulfat in wässeriger Lösung große Bedeutung zu bei der weiteren Zersetzung von Kiesmassen, deren Oxydation soeben zur Bildung von Monosulfiden geführt hat:

$$FeS + Fe_2(SO_4)_3 = 3\,FeSO_4 + S.$$

Der so entstehende Eisenvitriol reißt wiederum Sauerstoff aus der Luft an sich, wird wiederum teilweise zu neutralem schwefelsaurem Eisenoxyd

[1]) Über die näheren Bedingungen bei der Entstehung dieser Verbindungen vergl. man R. Scharizer. *Beitr. z. K. d. Konstitution und der Genese der natürlichen Eisensulfate VI.* Z. f. Krist. XLIII. Bd., 1907, S. 113 ff.

und kann so wiederum Monosulfide in Angriff nehmen, bis schließlich aller Markasit, Pyrit und Magnetkies zerstört sind. Diese Vorgänge verdienen eine experimentelle Nachprüfung und quantitativ-analytische Festlegung. Wir teilen diese Auffassung nur mit Reserve mit.

Betrachten wir jetzt das Schicksal des Kupferkieses. Empirisch $CuFeS_2$ zusammengesetzt, kann er auch $Cu_2Fe_2S_4$ und $Cu_2S \cdot Fe_2S_3$ geschrieben werden, da man berechtigt ist, ihn als Kupferoxydulsalz der Sulfoeisensäure $HFeS_2$ aufzufassen. Emmens zeigte, daß auch hier schwefelsaures Eisenoxyd seine zerstörende Rolle als Zuträger von Sauerstoff spielen kann, ebenso beim Buntkupferkies $3\,Cu_2S \cdot Fe_2S_3$ und bei einigen selteneren eisenhaltigen Sulfiden, wie Eisennickelkies. Die verbleibenden eisenfreien Sulfide dagegen werden von den infolge der vorausgegangenen Zersetzungen noch an schwefelsaurem Eisenoxyd reichen Lösungen angegriffen:

$$Cu_2S + 2\,Fe_2(SO_4)_3 = 2\,CuSO_4 + 4\,FeSO_4 + S$$
$$PbS + Fe_2(SO_4)_3 = PbSO_4 + 2\,FeSO_4 + S$$
$$ZnS + Fe_2(SO_4)_3 = ZnSO_4 + 2\,FeSO_4 + S$$

Wie aber auch die Vorgänge sich abspielen mögen, immer sind die Endprodukte Vitriole, die meist in Lösung hinweggeführt werden, zuweilen aber auch sich ausscheiden, und Schwefel. Hier soll erinnert werden an die bedeutenden Mengen von Anglesit (Bleivitriol), die zu Leadville und zu Tarapacá im Eisernen Hut von Bleiglanzlagerstätten vorkamen, und an die schönen Kristalle von Anglesit von Monte Poni auf Sardinien. Wird auch der gebildete Schwefel gewöhnlich sofort wieder zu SO_2 und H_2SO_4 weiter oxydiert, so dauert er doch manchmal im Eisernen Hut aus und findet sich dann neben Karbonaten und Sulfaten des Bleies usw. wie zu Leadville und Monte Poni (auf Anglesit). Auch in den kubischen Hohlformen an der Stelle aufgelöster Pyrite in Goldquarzgängen kommt zuweilen etwas krümeliger Schwefel neben gediegen Gold (Westaustralien) vor.

Eine lokale Aufspeicherung von Sulfaten wird namentlich durch trockene Klimate begünstigt. Selbst das leicht lösliche Kupfersulfat kann dann bisweilen persistieren, ja in einem vereinzelten Falle kennt man sogar eine daran reiche, bauwürdige Lagerstätte, deren kurze Schilderung nach H. Oehmichen[1]) hier eingeschaltet werden möge:

Bei Copaquire im Tale von Huatacondo, etwa 70 km östlich von Challacollo im nördlichsten Chile, werden die stark gefalteten und aufgerichteten mesozoischen Sedimente in der jenseits der Schuttmassen der Pampa Tamarugal aufsteigenden

[1]) H. Oehmichen. *Eine Exkursion zur Kupfersulfat-Lagerstätte von Copaquire.* Z. f. pr. G., 1902, S. 147—151.

Kordillere von einem granitähnlichen Gestein durchsetzt (Granit oder Nevadit). Nahe am Kontakt mit den Sedimenten ist dieses in bedeutender Erstreckung und Mächtigkeit mit blauem Kupfersulfat durchtrümert und imprägniert, dem in geringerer Menge Malachit, Azurit und Kieselkupfer, ferner Pyrit, Brauneisenerz und Gips beigesellt sind. Von primären Kupfererzen hat sich bis jetzt nur selten etwas Kupferkies nachweisen lassen. Erwähnenswert ist das vereinzelte Vorkommen von Molybdänglanz auf Kluftflächen mit Kupfersalzen. Das granitische Gestein ist im Bereich der Imprägnation stark zersetzt. Der Kupfergehalt der Lagerstätte, die durch eine bloße Laugung mit Wasser gewonnen werden soll, ist zu 2,5—3 % festgestellt worden.

Ein großer Teil der im Hut gebildeten Vitriole wird weiter oxydiert, der Eisenvitriol unter Bildung von Brauneisenstein:

$$12\ FeSO_4 + 6\ O + 6\ H_2O = 4\ Fe_2(SO_4)_3 + 2\ Fe_2(OH)_6.$$

Außer dem Sauerstoff ist aber auch die Kohlensäure der von oben her eindringenden Sickerwässer tätig. Sehen wir, in welcher Weise: Da die meisten Gänge Kalkspat oder andere Karbonspäte enthalten, werden diese von dem CO_2-haltigen Wasser gelöst. Beim Zusammentreffen solcher Lösungen mit Ferrisulfaten entstehen Reaktionen, wie folgt:

$$Fe_2O_3(SO_3)_2 + 2\ CaCO_3 = 2\ CaSO_4 + Fe_2O_3 + 2\ CO_2.$$

Es finden sich darum in den Zersetzungszonen nicht selten Gips und Roteisenerz. Etwas abweichend verläuft der Vorgang, wenn das Karbonat auf Blei- oder Zinkvitriol trifft:

$$PbSO_4 + CaCO_3 = PbCO_3 + CaSO_4.$$

Also neben dem Gips erscheint der Cerussit oder analog der Zinkspat. Beide werden sofort auskristallisieren, wenn ihre Lösungen auf kohlensauren Kalk stoßen, der ja leichter löslich ist, als die Karbonate des Bleies und Zinkes. Die Cerussitausscheidung ist in manchen alten Grubenbauten noch in der Bildung begriffen. So sah man nach A. von Groddeck[1]) an den Stößen des Elisabethstollns am Bleiberge bei Commern, als dieser nach 100-jähriger Ruhe wieder aufgemacht wurde, fingerdicke Überzüge dieses Minerales.

In ganz analoger Weise kommt es im Eisernen Hut zur Ausscheidung der Karbonate des Kupfers (Malachit und Azurit). Neben den letztgenannten zeigt sich gewöhnlich auch Melaconit, ein erdiges Kupferoxyd von schwärzlicher Farbe, sowie Kuprit (Kupferoxydul, Rotkupfererz). Man kann der Bildung des Kuprits folgendes Schema zugrunde legen:

$$2\ CuSO_4 + 2\ FeSO_4 + H_2O = Cu_2O + Fe_2(SO_4)_3 + H_2SO_4.$$

Zuweilen erscheint das Rotkupfererz in größeren nierigen Massen, wie auf der Grube Luisa bei Illapel in Chile. Gerade diese grell gefärbten sekundären Kupfererze sind es, die in Chile und anderwärts in Süd-

---

[1]) A. von Groddeck. *Lehre von den Erzlagerstätten.* 1879, S. 288.

amerika die Bezeichnung der „Metales di color" für die Erze des Eisernen Hutes der dortigen Silber-Kupfererzgänge veranlaßt haben.

Die nach obiger Formel gebildete Schwefelsäure wird bei Anwesenheit von Karbonaten sofort gebunden, bei Gegenwart von Kalzit z. B. als Gips festgelegt werden. Bleibt sie frei, so kann durch ihre Einwirkung aus dem Kuprit weiterhin gediegen Kupfer hervorgehen, wie auch Pseudomorphosen von gediegen Kupfer nach Kuprit bezeugen:

$$Cu_2O + H_2SO_4 = CuSO_4 + Cu + H_2O.$$

Es genügt auch schon hierzu die Einwirkung von schwefelsaurem Eisenoxydul:

$$3\,Cu_2O + 2\,FeSO_4 = 4\,Cu + Fe_2O_3 + 2\,CuSO_4.$$

In anderen Fällen entsteht das gediegene Kupfer dagegen durch Reduktion aus Sulfaten vermittels organischer Substanzen, die in Fäulnis oder Verkohlung begriffen sind. So fand man gediegen Kupfer auf der Zimmerung eines aus der Römerzeit herrührenden Stollns im Rio Tintogebiet, auf altem Grubenholz der Kupfergrube auf Kawan Island[1]), Neu-Seeland u. a. O.

Nur ausnahmsweise wird im Hut auch Kupfersulfid ausgeschieden. Man kennt diese Verbindung als Kupferindig besonders von Boléo in Unterkalifornien.

Bei Zink, Nickel, Kobalt u. a. sind ähnliche Reaktionen wie die oben angeführten chemisch nicht denkbar. Wir kennen darum auch die betreffenden Metalle in der Natur nicht im gediegenen Zustand.

Auch für die Bildung des gediegenen Bleis, wie dessen große Seltenheit lehrt, scheinen im Eisernen Hut nur ganz ausnahmsweise günstige Bedingungen zu bestehen. Emmens hält es für möglich, daß erst Bleisuboxyd (Pb_2O) sich bildet und dieses durch Schwefelsäure in Pb und $PbSO_4$ zerlegt wird, denkt aber auch an eine Desoxydation durch Arsenigsäureanhydrid. Merkwürdig ist das Zusammenvorkommen des gediegenen Bleis mit Manganerzen (siehe I. S. 143).

Sehr verschiedenartig sind die Wege, welche die Natur bei der Bildung von gediegen Silber einschlagen kann, das wir so häufig im Hute finden, aber auch in tieferen Regionen oft sichtlich als ein sekundäres Produkt antreffen. Im Eisernen Hut kann gediegen Silber nach folgender Formel entstehen:

$$Ag_2SO_4 + 2\,FeSO_4 = 2\,Ag + Fe_2(SO_4)_3.$$

Oder aber die Ausscheidung erfolgt aus Lösungen mittelst reduzierender organischer Substanzen, seien sie nun dem Nebengestein von

---

[1]) Z. f. pr. G., 1901, S. 37 (W. H. Baker) und S. 367.

Haus aus eigentümlich oder erst sekundär von oben her zugeführt. Daß solche Reduktionserscheinungen wirklich vorkommen, beweisen u. a. die Abdrücke von Palaeoniscus im Mansfelder Kupferschiefer, von denen seltene Exemplare mit silberplattierten Schuppen bekannt sind, während ja für gewöhnlich sulfidische Erze auf dem Schuppenkleid dieser Fische sich ausgeschieden haben.

Bei unseren Freiberger Gängen ist sehr häufig gediegen Silber zwischen den Schieferungsflächen des anstoßenden zersetzten Gneises ausgeschieden, sodaß also das Nebengestein bei den Reaktionen beteiligt zu sein scheint, vielleich mittelst seiner Eisenoxydulverbindungen.

In größeren Tiefen ist sehr gewöhnlich die sekundäre Entstehung von gediegen Silber aus Silberglanz zu beobachten, wie das namentlich von G. Bischof ausführlich beschrieben worden ist.[1]). Umgekehrt freilich ist bisweilen das gediegene Silber wiederum in Silberglanz umgewandelt. Seltener ist die Reduktion zu gediegen Silber an Rotgiltigerz und anderen edlen Silbererzen zu beobachten. J. H. Vogt[2]) hat viele Exemplare von Kongsberg abgebildet, bei denen man das gediegene Metall auf Kristallen von Silberglanz und Rotgiltig in zahn-, draht- und moosartigen Aggregaten gerade wie herausgewachsen aufsitzen sieht, wie solche auch anderwärts nicht selten sind. Als Erklärung für den Vorgang wies G. Bischof auf Experimente hin, bei denen gediegen Silber entsteht, wenn man erhitzte Wasserdämpfe oder heiße Luft über Schwefelsilber leitet.

Die Reaktion erfolgt hierbei nach folgendem Schema:

$$4\,Ag_2S + 4\,H_2O = 8\,Ag + H_2SO_4 + 3\,H_2S.$$

Zuweilen allerdings sieht man einen großen Silberzahn auf einem relativ so kleinen Glaserzkriställchen aufsitzen und zwar ohne bemerkenswerten Masseverlust rings um die Anwachsstelle, daß in solchem Falle diese Erklärung nicht zuzutreffen scheint.

Endlich ist daran zu erinnern, daß gediegen Silber durch Kupferkies und andere sulfidische Erze aus Lösungen von schwefelsaurem Silberoxyd ausgefällt werden kann.

Kehren wir von dieser Abschweifung zu Vorgängen in unteren Gangregionen zum Hut zurück und betrachten das Vorkommen des gediegenen Goldes in demselben, das auch in solchen Golderzlagerstätten nicht vermißt zu werden pflegt, in denen die tieferen Zonen

---

[1]) G. Bischof. *Chemische und Phys. Geologie.* III. Bd. 1866. S. 851—857.

[2]) Weitere Literatur bei J. H. Vogt. *Über die Bildung des gediegen Silber usw.* Z. f. pr. G., 1899, S. 113.

kein sichtbares Freigold enthalten. Daß dieses Freigold des Hutes in den meisten Fällen aus zersetzten goldhaltigen Eisenkiesen und anderen Sulfiden herrührt, ist zweifellos. Schwieriger ist die Beantwortung der Frage, ob das Gold in den Kiesen mechanisch eingeschlossen oder chemisch gebunden war. Wahrscheinlich kommen beide Fälle in der Natur vor. Mitunter scheint der letztere schon durch die Verteilung des Freigoldes angezeigt. So beschrieb W. Mietzschke[1]) zu Brauneisenerz umgewandelte Körner und Kristalle von Eisenkies mit Einschlüssen von gediegen Gold. Hatten diese Limonitpseudomorphosen die Form regelmäßiger Kristalle, so war der Goldgehalt als ein einziges Körnchen in der Mitte derselben ausgeschieden. Hatte der ursprüngliche Eisenkies jedoch nur sehr unregelmäßige Individuen gebildet, dann war es dem ehemals gleichmäßig verteilten Golde während der Umwandlung des Kieses nicht möglich gewesen, das Zentrum dieses Raumes von allen Seiten her zu gewinnen, und es hatten sich an zwei oder drei passenden Sammelpunkten Goldkörnchen ausscheiden müssen. Daß überhaupt ein Teil des Goldes bei der Zersetzung der Erze in Lösung geht, dafür spricht schon der Nachweis dieses Metalles in den Stollnwässern australischer Goldbergwerke. Das häufigste Lösungsmittel stellt wohl das schwefelsaure Eisenoxyd in wässeriger Lösung dar.

Über die Anreicherung des Goldes im Eisernen Hut wurde schon weiter oben gesprochen. Dieselbe vollzieht sich durch Oxydation der erwähnten Lösungen zu Eisenoxyd, wobei das Gold wieder ausgeschieden wird. Auch kann die goldhaltige Lösung von schwefelsaurem Eisenoxyd, sobald sie am Grundwasserspiegel mit den primären Sulfiden zusammentrifft, reduziert werden und hier das Gold sich abscheiden (Zementationszone).

Waren ursprünglich Tellurgoldverbindungen zugegen, so geht das Tellur im Hut in Lösung, während das Gold in winzigen Kristallen und an Senf erinnernden Überzügen sich gediegen ausscheidet.

Sind im normalen Gange gediegen Arsen, Arsenkies oder andere arsenhaltige Erze vorhanden, so entstehen im Eisernen Hut arsensaure Salze, wie die Arsenblüte oder bei Gegenwart von kalkhaltigen Wässern der Pharmakolith (wasserh. arsensaurer Kalk), auch häufig Pittizit oder Arseneisensinter, ein porodines, anfangs sirupartig flüssiges Produkt. Auch das Auripigment und Realgar von Oravicza im Banat und von Allchar in Mazedonien dürften als eine sekundäre Bildung des Eisernen Hutes zu betrachten sein.

---

[1]) W. Mietzschke. *Über das Verhalten des Goldes in Pyriten bei deren Verwitterung.* B. u. H. Z., 1896, S. 193.

Speiskobalt ($CoAs_2$) und andere Kobalterze geben Veranlassung zum Ausblühen von Kobaltblüte (wasserhaltiges arsensaures Kobaltoxyd), deren schöne Kristallgruppen namentlich von Schneeberg im Erzgebirge bekannt sind.

Nickelerze, wie Chloanthit ($NiAs_2$) liefern Nickelblüte (wasserhaltiges arsensaures Nickeloxyd). Dabei wird immer etwas freie Arsensäure entstehen, die wiederum auf Braunspat und Kalkspat wirkend die Ausscheidung von Pharmakolith, von Haidingerit ($HCaAsO_4 \cdot H_2O$), von Wapplerit ($2\,H(Ca, Mg)AsO_4 \cdot 7\,H_2O$), von Roselith, einer Kobaltoxydul enthaltenden ähnlichen Verbindung, veranlassen kann.

Sind ferner zugleich Zn-, Cu- oder Fe-Mineralien vorhanden, so können sich wasserhaltige Zink-, Kupfer- und Eisenarseniate bilden, bei Gegenwart von Mn endlich die Fülle der von Hj. Sjögren beschriebenen wasserhaltigen Manganarseniate[1]).

Gediegen Wismut und Wismutglanz geben Anlaß zur Bildung von Wismutocker, der sich z. B. im Hut der Schneeberger Gänge reichlich gefunden hat. Auch Eulytin und Agricolit sind stellenweise sekundäre Wismuterze der Hutregion.

Waren in der ursprünglichen Lagerstätte Antimonglanz oder andere antimonhaltige Erze zugegen, so erscheinen im Hut Antimonblende und Senarmontit, häufiger Valentinit, Stiblith und Antimonocker, wobei gewöhnlich etwas gediegen Schwefel sich ausscheidet. Bei Gegenwart von Bleierzen können auch antimonsaure Bleioxyde entstehen, wie auf mehreren Gängen in Chile.

Zinnober der primären Lagerstätte wird zwar im Hut zum Teil weggeführt, erleidet aber sonst keine Veränderung. Quecksilberfahlerz dagegen gibt neben sekundären Silber- und Kupferverbindungen Zinnober.

Zinnkies und andere zinnhaltige Sulfidarsenidverbindungen können den Hut mit sekundärem Zinnstein in der Form des Holzzinnes bereichern. Der Zinnstein dagegen erleidet keine nachweisbare Veränderung.

Wolframit und Scheelit zersetzen sich im Hut zu Wolframocker.

Bei allen diesen Prozessen vermögen sich zuweilen an sich höchst unbedeutende fremde Beimischungen der ehemaligen Erze im Hut in ganz auffälliger Weise zu konzentrieren, so z. B. die von Brackebusch entdeckten Vanadiate, Descloisit, Vanadinit u. a. im Hut der Silber-Bleierzgänge des Distriktes Guaico in der Sierra de Córdoba in Argentinien[2]).

---

[1]) G. Brauns. *Chem. Mineralogie.* 1896. S. 370.

[2]) G. Bodenbender. *La Sierra de Córdoba y productos minerales de aplicación.* Buenos Aires. 1905. Ann. del Minist. de Agric, p. 105—107.

II. Neubildungen bei Gegenwart von Chlor-, Brom- und Jodverbindungen im Sickerwasser.

Der in den meisten in den oberen Erdschichten zirkulierenden Wässern wenigstens in geringen Mengen nachweisbare Gehalt an Chlorüren führt bei den chemischen Umsetzungen im Eisernen Hut von Silbererzgängen zur Entstehung von Chlorsilber (Silberhornerz). Man kann sich den Vorgang nach der Formel denken:

$$Ag_2SO_4 + 2\ NaCl = 2\ AgCl + Na_2SO_4.$$

Dies ist um so wahrscheinlicher, als nach G. Bischof[1]) manche Silberhornerzanalysen etwas Schwefelsäure angeben. Den eigentlichen Ausgangspunkt können Silberglanz und andere edle sulfidische Silbererze, gediegen Silber, silberhaltige Bleiglanze usw. bilden. Auch Kunstprodukte können Silberhornerz liefern. G. Bischof führt ältere Berichte an, wonach das gemünzte Silber untergegangener Schiffe sich mit einer Kruste von Chlorsilber umzogen hatte, und zitiert Pallas, der im salzigen Erdreich Sibiriens alte tatarische Silbermünzen mit einer Silberhornerzhaut auffand. Nach A. Schertel[2]) zeigten römische Silbergefäße des Hildesheimer Fundes vom Jahre 1868 eine äußere Kruste von Chlorsilber ($AgCl$), darunter eine Lage von Halbchlorsilber (Ag_2Cl). Zwischen der letzteren und dem noch nicht angegriffenen Metall hatten sich Goldpartikel konzentriert, da das Silber der Gefäße 2,7 % Gold enthielt.

Da man in der Natur so häufig neben dem Silberhornerz das gediegene Silber findet, ist es möglich, daß das erstere sich vielfach aus dem letzteren gebildet hat.

Das Silberhornerz formt sich zuweilen in Gestalt von Konkretionen, Hornsilbergraupen, die sich aus dem Zusammenhang lösen können. So fand man im Apollyon Tal und bei Turnamoota im Barriergebirge von N.-S.-Wales auf der Erdoberfläche nahe am Ausgehenden von Silbererzgängen bis mehrere Pfund schwere solche Konkretionen, die nach C. Watt 72,23 % Chlorsilber enthielten.

Bei Gegenwart von Jodiden und Bromiden von Alkalien in den Sickerwässern entstehen auch Jodit (AgJ), Embolit $Ag(Cl, Br)$ und der seltenere Bromit ($AgBr$) im Hut.

Alle diese Verbindungen des Silbers mit den Halogenen, sowie auch das gediegene Silber haben mitunter nachweisbar im Ausgehenden der

---

1) G. Bischof. *Geologie.* 1866, III. S. 808.

2) A. Schertel. *Chemische Veränderungen am Hildesheimer Silberfunde.* Journ. f. prakt. Chemie, 1871, Bd. 3, S. 317.

Lagerstätten eine niederwärts gerichtete Wanderung vollzogen und sich weiter unten stark konzentriert. So stieß man zu Brokenhill innerhalb des oben ganz sterilen Eisernen Hutes erst in etwa 30 m Tiefe auf die berühmten, ungemein reichen, sekundären Silbererzhorizonte dieser Grube (vergl. II. S. 91). Auch die silberreichen, direkt amalgamierbaren Pacoserze der bolivianischen Lagerstätten stellen sich erst in den tieferen Zonen des Hutes ein, unmittelbar über den Negrillos (siehe oben).

Nach F. A. Moesta[1]) läßt sich bei den chilenischen Silbererzgängen eine gewisse Reihenfolge der Hornerze im Eisernen Hute erkennen, indem zuoberst das Chlorsilber, darunter jodhaltiges Chlorbromsilber und noch weiter abwärts das reine Jodsilber vorwaltet. Unter der Zone der Hornerze erscheinen gediegen Silber, sowie Silberglanz, Polybasit und Rotgiltig.

In ähnlicher Weise wie bei den Hornerzen erklärt sich das Vorkommen von mehreren anderen, chemisch verwandten Verbindungen in den obersten Gangregionen, wie des Atacamites ($CuCl_2 \cdot 3\,CuO_2H_2$), des Quecksilberhornerzes (HgCl), des Hornbleies oder Phosgenites ($Pb_2Cl_2CO_3$), sowie des Percylithes [PbCl(OH) • CuCl(OH)] u. a.

In gewissen Fällen scheint es erwiesen, daß derartige Chlorverbindungen unter der direkten Einwirkung von Meerwasser auf Erzausstriche entstehen konnten. So erwähnt z. B. R. Brauns[2]) die Bildung von Laurionit [PbCl(OH)] und Fiedlerit (eines kompliziert zusammengesetzten Bleioxychlorides) durch Einwirkung von Seewasser auf die 2000 Jahre alten Bleischlacken von Laurion. F. A. Moesta[3]) geht soweit, zu glauben, die reichen Hornerze von Chañarcillo und anderen chilenischen Lagerstätten seien durch den Salzgehalt des einst über den Gangausstrichen stehenden Meeres hervorgerufen worden. Auch andere Autoren haben sich so oder ähnlich geäußert und mindestens salzreiche marine Sedimente aus früherer Zeit in der Nachbarschaft solcher Fundpunkte angenommen oder haben wie C. Ochsenius[4]) geglaubt, daß abfließende Mutterlaugen aus gehobenen Salzlagunen von oben her in die Erzlagerstätten eingedrungen seien. Für einzelne Fälle mag dies ja zutreffen. F. Sandberger[5]) suchte diese Hypothese namentlich auch

[1]) F. A. Moesta. *Über das Vorkommen der Chlor-, Brom- und Jodverb. des Silbers.* Marburg 1870.

[2]) R. Brauns. *Chemische Mineralogie.* Leipzig 1896. S. 367.

[3]) a. a. O.

[4]) C. Ochsenius. *Die Bildung des Natronsalpeters aus Mutterlaugensalzen.* Stuttgart 1887. S. 51ff.

[5]) N. Jahrb. f. Min., 1874, S. 174.

durch den Hinweis auf den Huantajayit (AgCl + 20 NaCl) zu begründen, der sich mit Chlorsilber, Chlorbromsilber und Atacamit in der Grube San Simon im Cerro von Huantajaya in Peru fand.

Zur Erklärung der Hornsilbermassen im nordamerikanischen Great Basin hat R. A. F. Penrose[1]) das Wasser von Salzseen herbeigezogen, ebenso J. Spurr[2]) für diese Erze in Nevada. Dies ist von Ch. R. Keyes[3]) mindestens für solche Vorkommen als unzutreffend nachgewiesen worden, die hoch in den Bergen, weit über dem vermutlichen Spiegel auch der Salzseen der Quartär- und Tertiärzeit gelegen sind.

Übrigens muß daran erinnert werden, daß nicht unbeträchtliche Mengen von Hornerzen gelegentlich auch in unseren mitteldeutschen Gebirgen gefunden worden sind. Bei Annaberg im sächsischen Erzgebirge z. B. ist im 16. Jahrhundert in der Grube Himmlisch Heer Silberhornerz in so großen, reinen und milden Massen vorgekommen, daß Bilder daraus geschnitzt worden sein sollen, da es sich schneiden ließ „wie Seife". Nach aktenmäßigen Nachrichten wurden reine Proben davon, angeblich 20 Pfund schwer, in die Dresdener Naturalienkammer eingeliefert[4]). Von weiteren erzgebirgischen Funden dieser Art berichtet A. Frenzel[5]): Bei Johanngeorgenstadt auf den Gruben Gotthelf Schaller, Neu Leipziger Glück, Katharina, Gabe Gottes und Neujahrs Maaßen u. a. sind faustgroße Partien gefunden worden. Das Dresdner Museum besaß zu Klaproths Zeit eine kinderkopfgroße Partie von Gotthelf Schaller Fdg. Auch hier wurden Schnitzwerke daraus verfertigt. Noch 1854 wurde Silberhornerz in derben Partien auf Segen Gottes zu Gersdorf und noch Ende der 70er Jahre in den seit 1550 ersoffenen Bauen der ehemals so silberreichen Grube St. Georg zu Schneeberg angetroffen[6]). Bei Gottes Geschick am Graul unweit Schwarzenberg kam, freilich höchst selten, auch Embolit vor.

Da nun aber im Erzgebirge weder von einer Seebedeckung, noch von einem Ablaufen ausbrechender Mutterlaugen die Rede sein kann, scheint uns, vielleicht wenige Einzelfälle ausgenommen, die oben aus-

---

[1]) Journ. Geology. Vol. II, 1894, p. 314.

[2]) J. Spurr. *Geology Applied to Mining.* New York 1904, p. 286.

[3]) Ch. R. Keyes. *Cerargyritic Ores, their Genesis and Geology.* Econ. Geol. Vol. II, 1907, p. 774—781.

[4]) H. Müller. *Das Annaberger Bergrevier.* Leipzig 1894, S. 92.

[5]) A. Frenzel. *Mineral. Lexikon für das Königreich Sachsen.* Leipzig 1874, S. 167.

[6]) M. Websky. *Silberhornerz im St. Georgs Schacht zu Schneeberg* (Notiz). Z. d. D. G. G., 1881, Bd. 33, S. 703.

geführte Theorie auch für die anderen Hornerzvorkommnisse nicht anwendbar. Wenn in der Tat darin eine gewisse Gesetzmäßigkeit bestehen sollte, wie es den Anschein hat, daß je trockener ein Land ist, desto reichere Hornerzanbrüche in den Hutbildungen der Erzgänge sich finden, so dürften wohl allein das heiße Klima und der Mangel an Abflüssen des Wassers aus den oberen Bodenschichten die bei der Verwitterung von Gesteinen in nur sehr kleinen Mengen entstehenden haloidischen Verbindungen konzentrieren. Auch eine Verwehung von salinischem Staub durch den Wind von der Küste oder von Salzseen her kann dabei mitwirken. Staubstürme, reich an Salzteilchen, sind z. B. nach Ch. R. Keyes[1]) im Lake Valley und an anderen Orten von Neumexiko für die Bildung von Hornerzen verantwortlich zu machen.

Daß hierbei die in der Natur doch sonst relativ so viel selteneren Jod- und Bromverbindungen der Metalle stellenweise neben den Chlorverbindungen in ziemlicher Menge vorkommen, ist von B. Kosmann[2]) mit Recht durch die schwerere Löslichkeit der ersteren erklärt worden. Die geringen Mengen von Alkalijodiden und -bromiden im Sickerwasser wurden bei der Reaktion auf die Erzmassen immer zuerst als Haloidmetalle gebunden, dann erst kamen die Alkalichloride an die Reihe. Die Reihenfolge der Hornerzzonen, wie wir sie oben nach Moesta zitierten, will damit freilich nicht harmonieren.

Eine gründliche, Geologie und Chemie in gleicher Weise berücksichtigende Untersuchung der Frage nach der Entstehung der Hornerze ist jedenfalls eine wissenschaftlich sehr lohnende Aufgabe, die immer noch der Lösung harrt.

Für die Umbildungen im Hute von Golderzgängen ist das Auftreten von Chlorverbindungen im Sickerwasser ebenfalls nicht belanglos. Da bei der Zersetzung der Kiese, wie oben gezeigt wurde, Schwefelsäure entsteht, und da ferner Psilomelan in den Hutbildungen häufig ist, sind die Bedingungen zur Entstehung von Chlor als kräftigstem Lösungsmittel des Goldes gegeben. Die Lösungen können durch unzersetzte Pyrite wieder ausgefällt werden, wodurch besonders goldreiche Zonen an der Grenze der oxydischen und sulfidischen Gangregion sich herausbilden können. Percy legte die Möglichkeit dieser Vorgänge durch Experimente dar[3]).

---

[1]) Trans. Am. Inst. Min. Eng. Jan. 1908, 19, p. 28.

[2]) B. Kosmann. *Über die Bildung haloidischer Erze.* Leopoldina XXX, 1894, S. 1.

[3]) T. A. Rickard. *The Formation of Bonanzas in the Upper Portions of Gold-Veins.* Trans. Am. Inst. Min. Eng. Febr. 1901.

III. *Neubildungen bei Gegenwart von Phosphorsäure.*

Der eigentliche Spender der Phosphorsäure im Eisernen Hut ist wohl in den meisten Fällen der Apatit des Nebengesteins. Durch Auslaugung mittels CO_2-haltigen Wassers liefert er zunächst eine Lösung von $Ca_3(PO_4)_2$, die dann weiterhin beim Zusammentreffen mit Vitriolen neben Gips die betreffenden Metallphosphate zur Ausscheidung bringt. Auch kann die Phosphorsäure verwesender animalischer Substanzen den Ausgangspunkt bilden. In beiden Fällen können im Eisernen Hut Pyromorphit, Liebethenit, Phosphorochalzit, Hopëit, Kakoxen, Strengit, Kraurit und Eleonorit entstehen.

IV. *Neubildungen bei Gegenwart von Chromsäure.*

Wo die Silber-Bleierzgänge des Zeehan-Gangfeldes auf Tasmanien chromithaltige Serpentine durchschneiden, führen sie nach G. Waller[1]) nahe der Oberfläche Krokoit.

V. *Neubildungen unter Beteiligung von Kieselsäure.*

Durch Zersetzung der Feldspäte des Nebengesteins und ähnliche Vorgänge wird Kieselsäure frei, die sich als Quarz, Chalzedon, Hornstein oder Opal neu ausscheiden kann oder wohl auch mit Metallen Verbindungen eingeht. Sehr verbreitet ist namentlich im Hut kupferhaltiger Gänge Chrysokoll oder Kieselkupfer ($CuSiO_3 \cdot 2H_2O$). Erwähnt sei auch das Kieselzink vieler Blendelagerstätten. Ein selteneres Vorkommen im Blauen Stolln bei Zuckmantel in Schlesien ist der blaue Allophan ($Al_2SiO_5 + Cu_2O + H_2O$), der aus der Zersetzung kupferhaltiger Kiese herrührt. Einschlüsse feldspatreichen Nebengesteines in den Erzlagerstätten sind im Hut oft ganz in Kaolin umgewandelt, der stark mit Chlorsilber imprägniert sein kann, wie zu Brokenhill.

VI. *Wegführung gelöster Substanzen.*

Daß alle die erwähnten Zersetzungsprozesse im Ausgehenden der Erzgänge im steten Fortgang begriffen sind, und daß ein sehr großer Teil der Neubildungen nicht zur Ausscheidung im Hute selbst gelangt, sondern in wässeriger Lösung fortgeführt wird, das beweisen die Analysen von Grubenwässern, von denen wir einige zum Beispiel hier anführen[2]).

---

[1]) G. Waller. *Rep. on the Zeehan Silver-Lead Mining Field.* Tasmania 1904.

[2]) Aus H. Müller. *Beiträge zur Kenntnis der Mineralquellen und Stollnwässer Freiberger Gruben.* Jahrb. f. d. B. u. H. im Königr. Sachsen. 1885.

Die folgenden Analysen I. von A. Frenzel beziehen sich a) auf ein Grubenwasser vom Rotschönberger Stolln bei Freiberg, das im Jahre 1877 auf dem Komm Sieg mit Freuden Spatgang hervorbrach, b) auf ein zweites von ebendort, das auf dem Hilfe des Herrn Stehenden Gang quoll, c) auf ein drittes in demselben Stolln, das auf einem unbenannten Gang austrat.

Die betreffenden Wässer enthielten in je 1 Liter:

	a	b	c	
Schwefelsäure . . .	0,2334	0,2224	0,2159	Gramm,
Kieselsäure	0,0088	0,0080	0,0021	„
Tonerde	0,0028	0,0007	0,0028	„
Eisenoxyd	0,0067	0,0090	0,0068	„
Manganoxyd . . .	0,0027	0,0059	0,0083	„
Zinkoxyd	0,0235	0,0059	0,0035	„
Kobalt- und Nickeloxydul . . .	Spur	Spur	Spur	
Chlor	Spur	Spur	Spur	
Kalkerde	0,1485	0,1014	0,1270	„
Magnesia	0,0284	0,0247	0,0217	„
Unlöslicher Rückstand	0,0175	0,0158	0,0210	„
in Sa.	0,4723	0,3938	0,4091	Gramm.

II. Chemische Zusammensetzung des auf dem Rotschönberger Stolln bei dessen Mundloche im Triebischtale in der Menge von durchschnittlich 500 Liter pro Sekunde abfließenden Grubenwassers, nach einer von A. Frenzel im Jahre 1883 ausgeführten Analyse.

In 1 Liter waren enthalten:

Kalkerde . .	65,0	Milligramm,
Magnesia . .	24,9	„
Eisenoxyd .	9,5	„
Zinkoxyd . .	11,1	„
Chlor . . .	12,4	„
Kieselsäure .	18,0	„
Schwefelsäure	104,0	„
in Sa.	244,9	Milligramm.

Das in diesem Wasser aus den Gruben bei Freiberg unter anderem abgeführte Zinkoxyd beträgt sonach durchschnittlich täglich 479,52 Kilogramm oder jährlich 175024,8 Kilogramm.

Interessant ist ferner auch die von H. Schulze ausgeführte Analyse des schwarzen, mulmigen, 1 cm starken Ueberzuges, mit dem sich im Jahre 1882 die Ulmen der seit 1747 unter Wasser gesetzten

alten Grubenbaue bei Beihilfe Erbstolln auf dem Halsbrücker Spatgange bedeckt zeigten. Diese demnach 135 Jahre alten Mulmkrusten hatten nach H. Schulze die folgende Zusammensetzung:

Manganoxydul	44,78	Proz.
Sauerstoff	8,43	„
Eisenoxyd	7,78	„
Kobaltoxyd	1,36	„
Zinkoxyd	6,08	„
Kadmiumoxyd	0,19	„
Bleioxyd	3,45	„
Kupferoxyd	3,20	„
Schwefelsäure	0,82	„
Wasser	19,84	„
In Säuren unlöslicher Rückstand	3,55	„
	99,48	Proz.

Der unlösliche Rückstand bestand aus Glimmerblättchen und Quarzsplitterchen aus dem Nebengestein, dem gewöhnlichen Freiberger Gneis.

Ueber die Möglichkeit, daß auch Gold bei den Zersetzungen im Eisernen Hut in Lösung geht, vergleiche man das weiter unten im Abschnitt über Goldseifen Gesagte.

Die Zone der reichen Sulfide direkt unter dem Grundwasserspiegel oder die Zementationszone.

Van Hise[1]) trennt bei den Erzlagerstätten folgende Zonen voneinander ab:

1. über dem Grundwasserspiegel eine Zone von hauptsächlich Oxyden, Karbonaten, Chloriden u. a., die auch reiche sekundäre Sulfide führen kann;

2. eine Übergangszone dicht über und dicht unter dem Grundwasserspiegel, charakterisiert durch reiche Sulfide von Silber, Kupfer, Blei und Zink, nur untergeordnet mit oxydischen Erzen;

3. die eigentliche Tiefenzone der normalen ärmeren Sulfide.

Die ärmeren Sulfide von 3. werden in reichere Sulfide von 2. umgewandelt, indem sie mit von oben her in Lösung zugeführten oxydischen Verbindungen Reaktionen eingehen.

---

[1]) C. R. Van Hise. *Some Principles Controlling the Deposition of Ores.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., Febr. 1900.

Diese Reaktionen können sehr verschiedenartig verlaufen. Am häufigsten dürften sie sich nach folgenden Schemen vollziehen:

$$6\ CuS + 2\ Cu_2O = 5\ Cu_2S + SO_2$$
$$6\ CuS + 2\ Cu_2SO_4 + 3\ H_2O = 5\ Cu_2S + 2\ H_2SO_4 + H_2SO_3.$$

Aber es kann auch in den unteren Zonen des Hutes eine Vermehrung der von Haus aus vorhandenen ärmeren Sulfide stattfinden durch Reaktionen im absteigenden Wasserstrom nach folgendem Schema:

$$PbSO_4 + FeS = PbS + FeSO_4$$
$$PbCO_3 + FeS = PbS + FeCO_3$$

oder

$$PbSO_4 + FeS_2 + 2\ O = PbS + FeSO_4 + SO_2$$
$$PbCO_3 + FeS_2 + 3\ O = PbS + FeSO_4 + CO_2$$

oder

$$PbSO_4 + ZnS = PbS + ZnSO_4$$
$$PbCO_3 + ZnS = PbS + ZnCO_3.$$

Es ist also eine Regeneration des in den obersten Gangregionen zersetzten Bleiglanzes in etwas größerer Teufe durch den absteigenden Wasserstrom bewirkt worden.

Da in der Zinkblende der Schwefel weniger fest gebunden ist, als im Bleiglanz, wird eine ähnliche Regeneration der Blende nur dort erfolgen können, wo Bleiglanz fehlt.

Sie geschieht alsdann nach dem Schema:

$$ZnSO_4 + FeS_2 + 2\ O = ZnS + FeSO_4 + SO_2$$
$$ZnCO_3 + FeS_2 + 2\ O = ZnS + FeCO_3 + SO_2.$$

Blow hat derartige Fälle von den Erzkörpern von Iron Hill bei Leadville beschrieben. (Trans. Am. Inst. Min. Eng., 18. Bd,, p. 172.)

Auch eine Regeneration von Kupferkies oder unter Umständen erstmalige Ausscheidung reicherer Kupfersulfide kann auf kupferhaltigen Kieslagerstätten durch solche von oben her kommende Lösungen verursacht werden:

$$CuSO_4 + 2\ FeS_2 + 4\ O = CuFeS_2 + FeSO_4 + 2\ SO_2$$
(Kupferkies)

$$Cu_2SO_4 + CuSO_4 + 3\ FeS_2 + 6\ O = Cu_3FeS_3 + 2\ FeSO_4 + 3\ SO_2.$$
(Bornit)

Der Bornit kann indessen auch aus der Reaktion zwischen Kupferkies und Kupfersulfat hervorgehen:

$$2\ CuFeS_2 + CuSO_4 + 2\ O = Cu_3FeS_3 + FeSO_4 + SO_2.$$

Kupferglanz kann auf verschiedene Weise innerhalb der absteigenden Strömungen zustande kommen:

1. durch die Reaktion von Kupfersulfaten auf Eisenkies:

$$Cu_2SO_4 + FeS_2 + 2\ O = Cu_2S + FeSO_4 + SO_2,$$
(Kupferglanz)

2. durch die Reaktion von Kupfersulfaten auf Kupferkies oder Bornit:

$$CuFeS_2 + CuSO_4 + 2\ O = Cu_2S + FeSO_4 + SO_2$$

oder

$$Cu_2FeS_2 + CuSO_4 + 2\,O = 2\,Cu_2S + FeSO_4 + SO_2.$$

Dies alles findet man ausgeführt bei S. H. Emmons, bei R. A. Penrose und bei Van Hise a. a. O. S. 86.

Von H. V. Winchell[1]) experimentell bestätigt wurde eine besonders für die berühmten Vorkommnisse von Butte nahe liegende Möglichkeit der Bildung von Kupferkies. Stücke von kupferarmem Pyrit von Butte mit einem Cu-Gehalt von 1,5% wurden in eine schwach saure Lösung mit SO_2 gebracht. Nach drei Monaten hatten sie sich mit einer schwarzen Haut von Kupferglanz überzogen. Ein paralleles Experiment zeigte das Freiwerden von SO_2 durch Einwirkung von einer Lösung von Kupfervitriol auf Pyrit oder Kupferkies. Dieser Autor stellte für den Vorgang folgende erklärende Gleichungen auf:

1. $FeS_2 + H_2O + 6\,O = FeSO_4 + SO_2 + H_2O$
2. $2\,CuSO_4 + SO_2 + 2\,H_2O = Cu_2SO_4 + 2\,H_2SO_4$
3. $FeS_2 + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S + S$
4. $Cu_2SO_4 + FeS_2 = FeSO_4 + Cu_2S + S.$

Als Beispiele für diese Erscheinungen vergleiche man auch die I. S. 92 erwähnten Kupferkiesknollen von Monte Catini mit ihren Hüllen von Bornit und Kupferglanz nebst gediegen Kupfer, sowie die Konzentration reicher Kupfersulfide aus kupferhaltigen Pyriten bei gewissen Lagerstätten in Arizona[2]).

In ganz ähnlicher Weise können auf Gängen mit schwach silberhaltigen Sulfiden die bei der Verwitterung gebildeten Silbersalze abwärts wandern und weiter unten durch Berührung mit noch unzersetzten Sulfiden zur Ausfällung reicher Silbersulfide Anlaß geben.

Zur Erklärung führt Van Hise (S. 89) folgende möglichen Reaktionen an:

$$Cu_2S + Ag_2SO_4 = Ag_2S + Cu_2SO_4$$
(Kupferglanz)
$$Cu_2S + 2\,AgCl = Ag_2S + 2\,CuCl.$$

Zu fast denselben Resultaten kamen ganz unabhängig von Van Hise gleichzeitig andere amerikanische Forscher, wie W. H. Weed und S. F. Emmons.

Auch L. De Launay hat sich eingehend mit diesen Vorgängen beschäftigt. Seine Erklärung derselben legt das Hauptgewicht auf die Wegführung der leichter löslichen Substanzen.

---

[1]) H. V. Winchell. *Synthesis of Chalcocite and its Genesis at Butte.* Bull. Geol. Soc. Amer. XIV. p. 269—276. 1903. — Vergl. auch J. F. Kemp. *Secondary Enrichment in Ore-Dep. of Copper.* Econ. Geol. Vol. I. No. 1, 1905, p. 11—25.

[2]) S. H. Emmons in Eng. and. Min. Journ. Dez. 17. 1892, p. 582. — R. A. Penrose. *The Superficial Alteration of Ore-deposits.* Journ. of Geol. II. 1894, p. 306—308. — Jas. Douglas. *The Copper Queen Mine, Arizona.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., Febr. 1899.

Ganz besonders ausgesprochene Zementationszonen finden sich unter dem Hut bei den Golderzlagerstätten. Das im Ausstrich bei der Zersetzung der goldhaltigen Kiese gebildete schwefelsaure Eisenoxyd enthält Gold in Lösung. Beim Einsickern in den Bereich der noch unzerstörten Sulfide wird dieses als Freigold ausgefällt und siedelt sich mit Vorliebe auf zarten Klüftchen der Kiese an. Es vermögen sich so zuweilen sehr reiche Gangabschnitte herauszubilden, die reiche Ausbeute geben. Sowie man aber in die Grundwasserregion gelangt, stellen sich die primären armen Sulfide ein. Da in demselben Momente auch die technischen Schwierigkeiten der Gewinnung sich stark vermehren, bedeutet dieser Übergang für viele junge Gruben den Beginn des Endes, wie dies u. a. vielfach in Rhodesien und Deutsch-Ostafrika beobachtet werden konnte.

Noch ist zu bemerken, daß in Gegenden, wo eine sehr energische Abtragung herrscht, der eigentliche Eiserne Hut fehlen und eine Lagerstätte direkt mit der Zementationszone zutage treten kann. Ja es vermag sogar eine sehr kräftige Erosion unmittelbar die primären Abschnitte einer Lagerstätte ohne solche Anreicherung aufzudecken.

Der Ausdruck Zone der reichen Sulfide oder Zementationszone darf nicht in dem Sinne einer ganz geschlossenen Zone verstanden werden. Durch sekundäre Klüfte, die eine Kommunikation der Sickerwässer von oben her ermöglichen, können unter Umständen auch tiefere Partien der Lagerstätten einer Auslaugung und Anreicherung zugänglich werden.

Siebenter Abschnitt.

Erze als Sedimentgesteine.

Rein ihrer Form nach gehören die genetisch als Sedimentgesteine aufzufassenden Erzvorkommnisse zugleich mit vielen auf gewisse Gesteinsbänke beschränkten Erzimprägnationen und metasomatischen Erzkonzentrationen zu den schichtigen Lagerstätten, und es ist deshalb hier der Platz, einiges Allgemeine über die räumlichen Verhältnisse von solchen voraus zu schicken. Die Beispiele für diese allgemeine Charakteristik sollen übrigens zum Teil auch der früher beschriebenen Gruppe von schichtigen Lagerstätten epigenetischer Natur entnommen werden.

Allgemeines über die Form schichtiger Lagerstätten.

Nach der allgemein angenommenen Definition B. von Cottas[1]) nennt man „Erzanhäufungen, welche der Schichtung oder Schieferung des sie einschließenden Gesteines parallel verlaufen, also eine oder mehrere untergeordnete Schichten zwischen irgend einem geschichteten oder schieferigen Gestein bilden, Erzlager oder Erzflötze". Man kann dann weiterhin noch unterscheiden parallele Einlagerungen, wo ein Hangendes vorhanden ist, und oberflächliche Auflagerungen, wenn jenes fehlt, wie etwa bei einem Raseneisensteinlager. Fassen wir die schichtigen Lagerstätten als syngenetische Gebilde auf, wie es oben geschah, so ist weiterhin noch stillschweigend die Voraussetzung zu machen, daß die Erzlager und Erzflötze wenig später als ihr Liegendes, d. i. die nächst tiefere Schicht, und wenig früher als

[1]) B. von Cotta. *Die Lehre von den Erzlagerstätten.* Freiberg 1859, I. Bd., S. 85.

ihr Hangendes, d. i. die nächst höhere Schicht, abgelagert worden sind. Bei den metasomatischen Erzlagern und den Imprägnationslagern trifft das nur für das ehemalige Substrat zu, das später von Erz verdrängt wurde, oder dessen Porenräume nachträglich von Erz erfüllt wurden.

Wie jede andere sedimentäre Gesteinsbank können auch Erzlager durch gewisse Petrefakten (Leitfossilien) bestimmt sein, die dann gewöhnlich selbst auch in vererztem Zustand vorliegen. So ist ein bekanntes Leitfossil für die oolithischen Eisenerzflötze des Braunen Jura ein Ammonit, der Harpoceras Murchisonae, für die oberbayrischen, eozänen Eisenerzflötze dagegen ein Seeigel, Conoclypeus conoïdeus.

Sehr schwierig ist es manchmal, die wahren Lager von Lagergängen zu unterscheiden (siehe I. S. 184). Die Lager sind hauptsächlich durch negative Merkmale vor den Lagergängen ausgezeichnet: ihre Grenzen gegen das Hangende und Liegende sind meist nicht so scharf, sie bringen niemals Verwerfungen hervor und durchsetzen niemals ein anderes Lager oder einen Gang, sie bilden niemals gangförmige Ausläufer ins Nebengestein hinein und können nie Bruchstücke von ihrem Hangenden umschließen.

In gefalteten Gebieten folgen die Lager allen Windungen der umgebenden Schichten.

Vielfach hat man früher, selbst in der Berggesetzgebung, die steil aufgerichteten Erzlager zu den Gängen gerechnet, weil der Bergbau auf solchen tatsächlich dem Gangbergbau ähnelt.

Zum Begriff dieser schichtigen Lagerstätten gehört fernerhin die Eigenschaft, daß bei einer relativ geringen Mächtigkeit des Erzkörpers in der Ebene der Schichtung eine Ausbreitung nach zwei Richtungen stattfindet. Die bekannten Ausnahmen von dieser Regel, wie die sogenannten Erzlineale im Gebiete der norwegischen Kieslager (siehe II. S. 105), gehören tatsächlich Beispielen an, die keine echten Lager oder wenigstens zweifelhafter Genesis sind. So wurde z. B. auf der Mug-Grube bei Röros in Norwegen im flach fallenden Phyllit ein Kieslager angetroffen, das 10mal länger als breit entwickelt war, und dessen Längsrichtung mit der Fallrichtung zusammenfiel.

Vielfach hat man sich gewöhnt, von den schichtigen Lagerstätten Flötze solche zu nennen, die bei großer horizontaler Ausbreitung eine geringe und zwar dabei ziemlich konstante Mächtigkeit besitzen, Lager dagegen solche, die bei geringer Verbreitung in der Fläche eine relativ große und dabei gewöhnlich oft wechselnde Mächtigkeit erkennen lassen.

Als extreme Beispiele können angeführt werden das Kupferschieferflötz der deutschen Zechsteinformation, das über etwa 4 □ Meilen hin seine Mächtigkeit von 0,5 m beibehält, wenn es auch nicht überall abbauwürdig ist, und die norwegischen Kieslager, deren Mächtigkeit zwischen 0—26 m schwankt und die bald aussetzen. Andere nennen die älteren Vorkommnisse Lager, die jüngeren Flötze. Die ganze Unterscheidung ist jedenfalls keine scharfe.

Der Mächtigkeit der Erzlager sind von der Natur gewisse Grenzen gesteckt. Die 90 m betragende größte Mächtigkeit der großen Eisenerzlinse am Sjustjernberge bei Grängesberg in Schweden dürfte wohl das äußerste bekannte Extrem darstellen, doch sind hier einige taube oder erzarme Zwischenlagen mit eingerechnet.

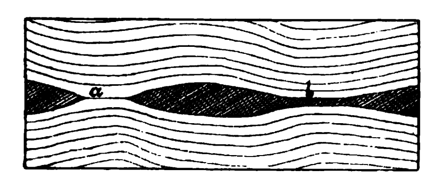


Fig. 276.
Auskeilen (a) und Verdrückung (b) eines Lagers.

Fig. 277.
Lagerzug.

Nimmt die Mächtigkeit an einem Punkte bis zum Verschwinden des Erzkörpers ab, so sagt man, das Erzlager keilt sich aus (bei *a* in Fig. 276) oder es verdrückt sich nur, wenn noch ein schmaler Erzstreifen übrig bleibt (bei *b*), um nach einer gewissen Strecke wieder mit wachsender Mächtigkeit angetroffen zu werden oder sich wieder aufzutun. Mitunter zeigt nach dem Auskeilen eine mit Letten belegte oder auch ganz leere Schichtenfuge den Horizont an, den der Bergmann verfolgen muß, um das Lager wieder sich auftun zu sehen.

Häufiges Auskeilen und Wiederauftun zerlegt eine Lagerstätte in eine Reihe von Lagern, die einem gemeinsamen Horizont angehören, und die man dann gewöhnlich als einen Lagerzug zusammenfaßt (Fig. 277). Auch eine Reihe von Lagern, die nicht genau, aber wenigstens annähernd dem gleichen Horizont angehören, nennt man wohl Lagerzug. Der Lagerzug der Minettelager oder -Flötze in der Moselgegend im Horizont des Harpoceras Murchisonae ist ein Beispiel hierfür.

Ein Lager, das bei verhältnismäßig großer Mächtigkeit sich nach kurzer Erstreckung allseitig auskeilt, nennt man eine Linse (s. Fig. 278).

Als Beispiele können viele Magneteisenerzlinsen im kristallinen Schiefergebirge gelten. Eine zwerghafte Ausgabe der Linsen sind die flachscheibenförmigen Sphärosideritkonkretionen in Schiefertonen des Karbon oder des Jura, die in gewissen Gegenden auch Knopfstriche genannt werden. Ähnliche sphäroidische Gebilde sind die Muggeln der österreichischen Bergleute.

Nimmt eine Linse eine mehr unregelmäßige Umgrenzung an, so geht sie je nach der Dimension über in ein Nest, eine Putze oder einen Stock (Fig. 279). Diese unregelmäßigen Lagerungsformen treffen wir weniger bei den eigentlichen Erzsedimenten, als vielmehr bei den metasomatischen Erzkörpern, wie den Spateisensteinmassen innerhalb von Kalksteinen. In anderen Fällen sind derartige Gestalten das Resultat einer Stauchung durch den Gebirgsdruck. Man kann weiterhin

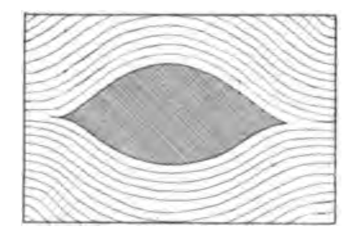


Fig. 278. *Eine Erzlinse.*

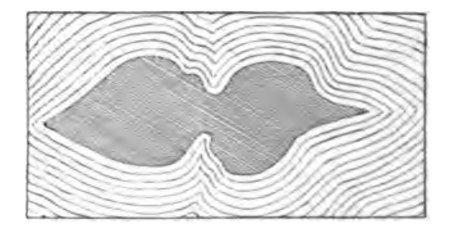


Fig. 279. *Ein Erzstock.*

liegende und stehende Stöcke unterscheiden, je nachdem ihre Längsachse horizontal oder vertikal steht.

Sehr häufig enthält ein schichtiger Erzkörper parallel der Schichtung eingeschaltete, taube oder wenigstens geringhaltige, unbrauchbare Lagen. Solche heißen Zwischenmittel oder Bergemittel, wie z. B. die Zwischenmittel von grauem Gneis in den schwedischen Eisenerzlagern.

In gewissen Fällen nimmt ein Erzlager nicht durch einfaches Auskeilen, sondern dadurch „seine Endschaft", daß sich mehr und mehr schmale, taube Zwischenmittel einstellen, oder daß taube Gemengteile des normalen Erzes an Menge mehr und mehr zunehmen, man sagt alsdann, „das Erzlager vertaubt". Besonders häufig kommt dies bei metasomatischen und bei durch Imprägnation entstandenen Erzlagern vor. So gehen die Kies- und Blendelager der Gegend von Schwarzenberg im Erzgebirge im Streichen ganz allmählich in taube Amphibol-Granatgesteine über.

Der Teil eines Erzlagers, der von der Erdoberfläche geschnitten wird, heißt das Ausgehende, Ausstreichen oder Ausbeißen. Man

unterscheidet wohl auch den eigentlichen oder offenen Ausstrich und den verdeckten Ausstrich, wenn diskordante diluviale oder alluviale Schichten das Lager selbst noch verhüllen.

Wichtig für den Bergmann und praktischen Geologen ist die Gestalt des Ausstriches eines Lagers, da sie die Wege für eine weitere Aufschließung zeigt.

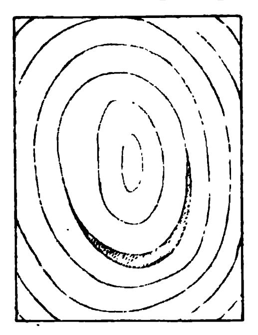
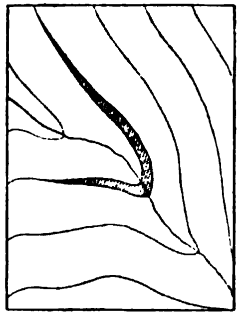
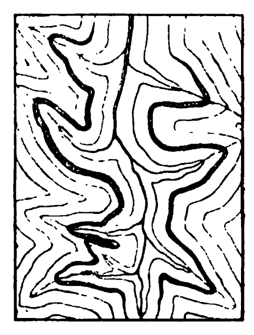




Fig. 280—282.
Verhalten der Ausstriche horizontaler Lager in verschiedenem Gelände.
Die Kurven in diesen Figuren sind Linien gleicher Höhe (Isohypsen oder Äquidistanten.

Die Figur des Ausstriches im Terrain ist abhängig einmal von der Neigung des Lagers, und dann von dem Relief des Terrains. Ein Geübter wird aus der Figur des Ausstriches auf einer genauen geologischen Karte einen sicheren Schluß auf die Einfallsrichtung und den Einfallswinkel machen können, und umgekehrt muß man diese Verhältnisse kennen, um ein Lager richtig auf eine Karte eintragen zu können. Nach K. Keilhack[1]) werden sich folgende Hauptfälle darbieten können:

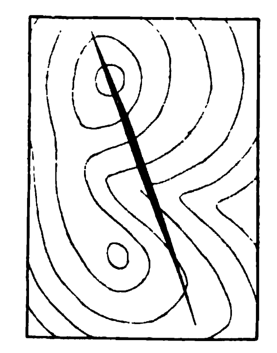


Fig. 283. *Verhalten des Ausstriches eines vertikalen Lagers in verschiedenem Gelände.*

1. Horizontale Lager werden Grenzlinien liefern, die den Höhenkurven einer guten Karte parallel laufen. Ein horizontal auslaufendes Lager wird am Abhang eines Berges eine halbmondförmige Ausstrichfigur ergeben, in einer Talschlucht eine zweischenkelige Figur, bei der man wohl Haupttrum und Gegentrum auf der einen und der andern Talseite unterscheidet. An einem von seitlichen Schluchten durchfurchten Talgehänge wird ein solches horizontales Lager in Gestalt einer geschlängelten Zone zum Ausstrich gelangen (Fig. 280—282).

2. Vertikale Lager geben in koupiertem Terrain unter allen Umständen geradlinige Grenzlinien, die ungestört über Berg und Tal laufen und zugleich die Streichrichtung darstellen (Fig. 283).

[1]) K. Keilhack. *Lehrbuch der praktischen Geologie.* Stuttgart 1896. S. 210 ff.

3. Komplizierter gestalten sich dagegen die Ausstrichfiguren von **geneigten Lagern**. Ganz allgemein gilt hier zunächst, daß die Grenzlinien des Lagers den Höhenlinien nur dann parallel verlaufen, wenn das Streichen beider ein übereinstimmendes ist.

Laufen dagegen geneigte Grenzlinien quer gegen ein Tal, so bilden sie in demselben einen Spitzbogen; das Wasser fließt in diesen Bogen hinein, wenn das Einfallen mit dem Tale erfolgt und steiler ist, als die Neigung des Talweges; in allen anderen Fällen fließt es dagegen aus dem Bogen heraus (Fig. 284 und 285).

Laufen aber geneigte Grenzflächen quer über einen Bergrücken, so bilden sie Bögen, die nach dem Fuße des Berges hin sich öffnen, wenn das Einfallen eben

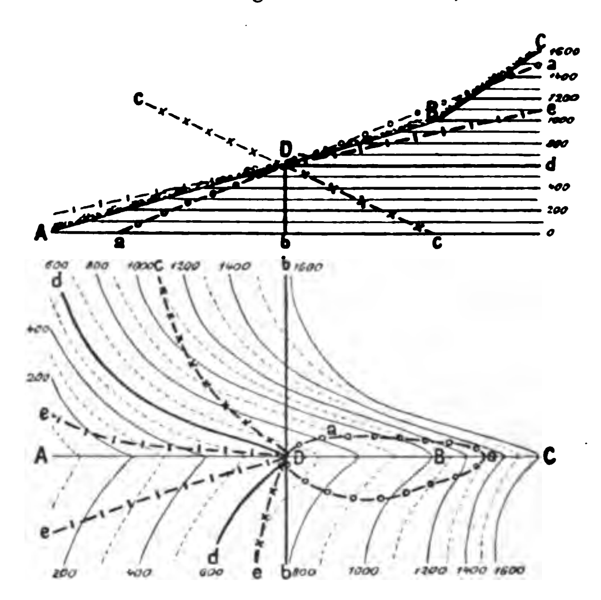


Fig. 284 und 285.
Ausstriche verschieden geneigter Lager in einem Tal. Nach K. Keilhack.

dorthin gerichtet und steiler als das des Gehänges ist. In den entgegengesetzten Fällen sind die Bögen gegen den Berggipfel geöffnet oder bilden wohl auch geschlossene Figuren (Fig. 286 und 287).

Beim **Aufsuchen** von **Erzlagern** und Lagern überhaupt wird man sich bei der Anlage von Schurfgräben, Bohrungen, Stölln oder Schächten immer **möglichst rechtwinklig zum Generalstreichen** des geschichteten Gebirges der betreffenden Gegenden zu bewegen haben. Hat man das Lager gefunden, an einem zunächst vereinzelten Aufschlußpunkt gefaßt, dann muß zunächst ein **genaues Profil** des ganzen engeren Schichtenverbandes, dem es angehört, festgestellt werden, unter Umständen mit Berücksichtigung der Leitfossilien oder gewisser petro-

graphisch besonders charakterisierter Leitschichten. Dieses Profil wird dann besonders später oft von größtem praktischem Nutzen sein können, wenn der Bergmann beim weiteren Ausrichten des gefundenen Lagers auf Störungen stößt.

Störungen oder Dislokationen äußern sich

1. durch Verbiegungen und Faltungen des Schichtkörpers ohne Unterbrechung des Zusammenhanges;

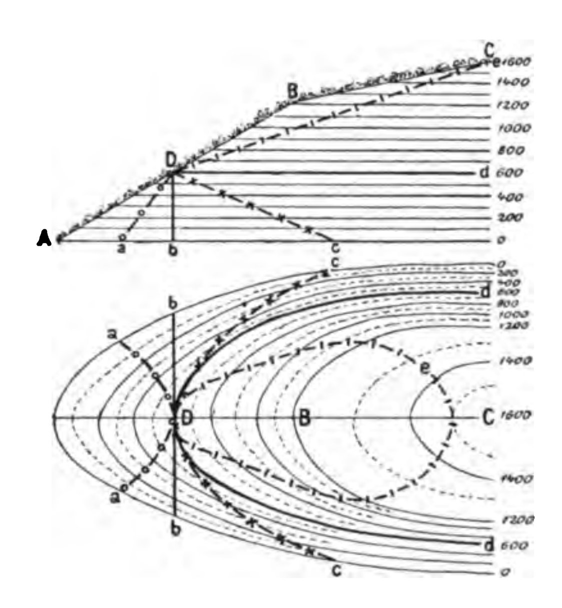


Fig. 286 u. 287.
Ausstriche verschieden geneigter Lager an einem Bergrücken. Nach K. Keilhack.

2. durch völlige Zerreißung der Schicht infolge von Biegung, Druck, Stoß usw. und Bildung von Rissen oder Spalten. Treten hierzu Verschiebungen der benachbarten Teile ein, so spricht man von Verwerfungen.

1. Verbiegungen.

Man kann bei der Beschreibung der verschiedenen hierbei entstehenden Formen von den geschlossenen Mulden ausgehen (Fig. 288). Ein hiervon betroffenes Lager bildet eine schalenförmige Einsenkung. Die Schalen fallen immer nach einem bestimmten Punkt oder einer bestimmten Linie im Inneren zu (Muldentiefstes, Muldenlinie). Der Schichtenbau ist „umlaufend". Die Ausstriche solcher Lager auf der

Oberfläche bilden Kreise oder Ellipsen. So stellt das Mansfelder Kupferschieferflötz, von kleinen Abweichungen abgesehen, eine nur nach SO. zu offene Mulde von 4 km Breite dar.

Das Gegenstück einer solchen geschlossenen Mulde, mit der Konkavität nach unten zu gerichtet, ist ein geschlossener Sattel oder ein Gewölbe. Beide Formen werden auch als Synklinale (Mulde) und Antiklinale (Sattel) einander gegenübergestellt.

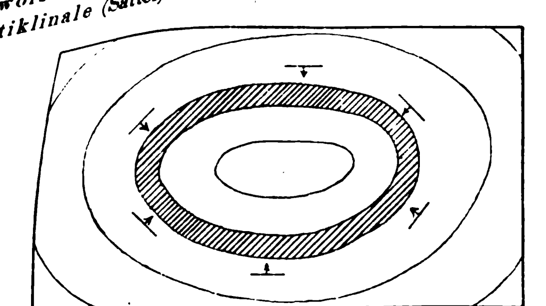


Fig. 288. *Eine geschlossene Mulde im Grundriß.*

Sowie die Mulden- oder Sattellinie eine gewisse Länge angenommen hat und an beiden Enden durch Erosion oder andere Dislokationen sich abgeschnitten zeigt, entstehen offene Mulden und Sättel (Fig. 289).

Eine jede offene Form dieser Art besteht aus zwei Flügeln, die an der Muldenlinie oder Sattellinie zusammenhängen. Der Schichtenbau bei diesen Gebilden ist nicht umlaufend, sondern geradlaufend.

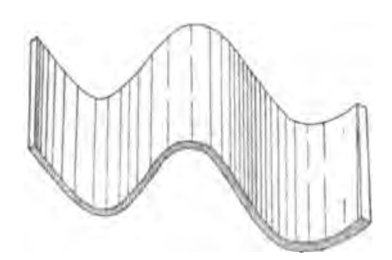


Fig. 289.
Offene Mulde und offener Sattel, zusammen eine flache Falte bildend.

Die Mulden- und Sattellinien können horizontal liegen oder gegen den Horizont geneigt sein.

Der Übergang von einem Flügel zum andern wird gewöhnlich durch eine allmähliche Umbiegung, seltener durch eine jähe Umknickung oder mehrfach wiederholte Zickzackwendung vermittelt. In größeren Mulden können sekundäre Biegungen wieder Spezialmulden und -Sättel erzeugt haben. Alle diese Erscheinungen sind z. B. sehr schön am Hauptspateisensteinflötz des westfälischen Karbons zu studieren.

Sowohl bei der Sattel- als bei der Muldenbildung kann es bei starkem Horizontalschub zu einer völligen Überkippung der Schichten

kommen. Beispiele sind die überkippten, d. h. die umgekehrte Schichtenfolge zeigenden Thuringitlagerstätten im Untersilur des Steinachtales im Fränkischen Wald und das überkippte Kieslager des Rammelsberges.

Sättel, deren obere Teile durch Erosion und Denudation abgetragen wurden, heißen Luftsättel.

Ein Sattel und eine Mulde, die durch Horizontalschub eng aneinander geschlossen sind, bilden eine Falte mit einem Mittelschenkel und zwei Seitenschenkeln. Ein gutes Beispiel ist die von A. Heim festgestellte Falte, die das Eisenerzlager des Gonzenberges bildet.

2. Verwerfungen.

Zuweilen sind die Mittelschenkel einer solchen Falte einem solchen Zuge oder einer solchen Auswalzung und Verquetschung ausgesetzt worden, daß sie schließlich ihren Zusammenhang verloren und längs einer Gleitfläche auseinander gezogen wurden. Solche Faltenverwerfungen führen hinüber in das Gebiet der Verwerfungen überhaupt, die aus verschiedenen Gründen nicht an dieser Stelle, sondern bei den Gängen abgehandelt worden sind.

Erzverteilung innerhalb eines Erzlagers.

Nur bei solchen schichtigen Lagerstätten, die nicht homogene, lediglich aus Erz bestehende Gebirgskörper darstellen, also bei solchen, bei denen das Erz mit tauben, nicht metallischen Mineralien zusammen eine Schicht bildet, kann man von einer Erzverteilung sprechen. Besonders wichtig wird die Feststellung der Erzverteilung bei schichtigen Erzlagern sein, die durch Imprägnation entstanden sind, weil die Verteilung hier eine sehr ungleichmäßige zu sein pflegt, wie z. B. bei den goldführenden Konglomeraten Südafrikas. Die im tauben Substrat eingestreuten Erzteilchen können staubfein sein, wie beim Kupferschiefer, oder kleine Knötchen bilden, wie in den Bleiglanz führenden Buntsandsteinen von Commern, oder endlich in größeren Konkretionen vorkommen, wie bei manchen Sphärosideritlagerstätten.

Ist das Gestein, das Erz in sehr feinen Stäubchen und Körnchen enthält, ein kristalliner Schiefer, so nennt man die betreffende Lagerstätte gern ein „Fahlband“. Das Wort wurde zuerst angewandt für Eisenkies, Kupferkies, Magnetkies u. a. in feinen Körnchen ent-

haltende Schieferzonen von Kongsberg in Norwegen, die zwar selbst nicht abbauwürdig sind, aber als Veredler der dortigen Silbererzgänge Bedeutung haben. Deutsche Bergleute nannten diese Zonen so wegen des fahlen Aussehens ihres Gesteins im Ausgehenden, wo die Kiese zersetzt sind. Typische Fahlbänder sind die Glanzkobaltlagerstätten von Skuterud (II. S. 117).

Die Struktur der Erzlager.

Wie alle geschichteten Gesteinskörper tragen die Erzlager nicht selten einen Aufbau aus einzelnen Lagen zur Schau, wie z. B. viele Eisenerzlager. Sind Lagen verschiedener mineralogischer Ausbildung zugegen, so vermißt man an den echten Erzlagern eine symmetrische Anordnung dieser verschiedenen Bänder auf dem Querbruch. Es ist das ein durchgreifendes Unterscheidungsmerkmal gegenüber den ähnlichen Lagergängen. Ebenso sind parallel der Schichtung gestreckte Drusenräume im allgemeinen den echten Erzlagern fremd. Gewisse Lager haben dagegen eine Eigentümlichkeit, die den Gängen ganz abgeht, sie führen Versteinerungen oder echte Gerölle von fluviatiler oder litoraler Entstehung.

Mineralbestand der schichtigen Lagerstätten.

Als syngenetische Sedimente sind mit Sicherheit bisher wenigstens in größerem Maßstabe nur Eisen- und Manganerze nachzuweisen. Die Anführung der einzelnen Erzarten folgt in den besonderen Kategorien und Beispielen. Wichtig für die Erzlager innerhalb metamorpher Schichten sind gewisse, den Erzgängen völlig oder fast völlig fremde, nicht metallische Begleiter oder Lagerarten, nämlich grüne Hornblende, lichtgrüner Pyroxen, Pistazit, Granat.

Der primäre Mineralbestand pflegt im allgemeinen bei einem Lager sich viel konstanter zu verhalten als bei einem Erzgang, also auch nach der Tiefe zu bei aufgerichteten Lagern sich nicht zu verändern. Anders kann dies bei epigenetischen Erzlagern vorkommen, wie denn z. B. das Lager von Meggen an der Lenne in dem einen Teile aus Schwerspat, in einer anderen Region aus Eisenkies besteht. Eine Ausnahme machen ferner Lager metasomatischer Entstehung, wie

die Schwarzenberger, die hier als Kupfererzlager, dort als Blendelager entwickelt sein können.

Was die Verschiedenheiten im Mineralbestand infolge sekundärer Umwandlung am Ausgehenden betrifft, so gilt für die Lager dasselbe, was weiter unten ausführlich für die Gänge gesagt werden wird. Auch die Lager tragen, wenn sie aufgerichtet sind, einen Hut mit sekundären Bildungen, die ganz nach dem primären Bestand sich richten. Ein Eisenkieslager trägt einen Hut von Brauneisenstein, ein Bleiglanzlager einen solchen mit viel Cerussit usw.

Einteilung der sedimentären Erzlager.

Es können die als Sedimente aufzufassenden, primären Erzvorkommnisse eingeteilt werden in solche, die samt ihrem Hangenden und Liegenden seit ihrer Ablagerung keine oder nur ganz unbedeutende Veränderungen erlitten haben (rein sedimentäre Erzlagerstätten) und in solche, die samt ihrem Nebengestein eine Umkristallisierung oder sonstige, tief eingreifende strukturelle Umwandlung durchgemacht haben (metamorphe Erzlagerstätten). Für die erste Gruppe sind die Seeerze und die meisten oolithischen Eisenerze, für die andere die sog. archäischen Eisenerze typische Beispiele. Vielfach läßt sich aber eine scharfe Grenze zwischen beiden nicht ziehen, und man muß sich im allgemeinen mit der Wahrnehmung begnügen, daß die Erscheinungsweise dieser Erze desto mehr eine metamorphe wird, je älter das Vorkommnis ist. Wir werden daher die primären Erzlagerstätten dieser Art nach dem geologischen Alter, und zwar von den älteren zu den jüngeren fortschreitend, ordnen, nebenbei aber alle in verschiedene Gruppen nach dem jedesmal vorwaltenden Metalle einteilen.

Zu den sedimentären Erzlagerstätten rechnen wir auch diejenigen schichtigen Lagerstätten, die Erze in feiner Verteilung, in Form von Stäubchen, Körnchen, Blättchen oder Knötchen enthalten, vorausgesetzt, daß die Annahme erlaubt ist, dieser in einzelnen Partikeln eingestreute Erzgehalt sei gleichzeitig mit den tauben Bestandteilen abgesetzt worden. Auch hier ist, wie z. B. bei den Eisenglimmerschiefern, häufig noch eine spätere Metamorphose hinzugetreten. Im einzelnen Falle wird es sehr schwer sein, solche sedimentäre Gebilde mit fein eingestreutem Erzgehalt gleichzeitiger Entstehung zu unterscheiden von solchen Schichten, die erst sekundär mit Erz imprägniert worden sind.

Der Mansfelder Kupferschiefer z. B. wird von verschiedenen Autoren bald zu der einen, bald zu der anderen Gruppe gezogen. Die Unterscheidung wird um so schwieriger, als ja auch solche sekundär imprägnierte Sedimente, wie die Kobaltfahlbänder von Modum und andere, eine spätere Metamorphose erlitten haben, die den Charakter der ursprünglichen Erzführung verwischt hat.

Wollte man ganz konsequent gliedern, so müßte man mit G. Gürich[1]) diesen beiden, eben besprochenen Kategorien noch eine dritte, eine diagenetische Gruppe schichtiger Erzlagerstätten bei-



Fig 290. *Sphärosideritlinse aus dem Tonschiefer vom Bocksberg, längsgespalten.*
Verkleinert auf $^1/_4$ der natürlichen Größe.

ordnen, nämlich Lagerstätten, bei denen die Konzentration des Erzes in dem schlammigen Bodensatz eines Gewässers erfolgte, ehe derselbe zum Gestein erhärtete, wie z. B. bei den Schiefertonen mit Sphärosideritnieren. Ein gutes Beispiel für einen derartigen Vorgang sind die bis 0,5 m großen Sphärosideritlinsen im kambrischen Dachschiefer des Bocksberges zwischen Marktgölitz und Gräfenthal im Thüringerwald. Die peripherischen Teile dieser Gebilde sind mit Pyritkriställchen imprägniert, deren Anordnung, wie Fig. 290 zeigt, die Schichtung des von dem Sphärosiderit verdrängten Tonschiefers wiederspiegelt. Im Zentrum bemerkt man ein Netz von Quarztrümern.

[1]) Sitz.-Ber. d. Schles. Ges. f. vaterl. Kultur, Febr. 1899.

Wir werden indessen diese kleine Gruppe mit den als normale Sedimente aufgefaßten Erzlagerstätten der Einfachheit halber vereint lassen.

Es folge nun die spezielle Gliederung und Skizzierung der wichtigsten Gruppen mit besonderer Hervorhebung einzelner Beispiele.

I. Sedimentäre Eisenerzlagerstätten.

A. Sedimentäre Eisenerze innerhalb des kristallinischen Schiefergebirges.

a) Kristallinische Schiefer mit nur eingestreuten Eisenerzen.

Magnetit und Eisenglanz sind als akzessorische Gemengteile in wohl allen kristallinen Schiefergesteinen hier und dort eingestreut zu finden. Zuweilen spielen sie aber auch in Quarziten, Glimmerschiefern und ähnlichen Gesteinen die Rolle eines Hauptgemengteiles, und die betreffenden Gesteinsschichten erlangen als minderwertige Erzlagerstätten eine gewisse Bedeutung. Hierher gehören folgende Vorkommnisse:

1. Eisenglimmerschiefer.

Eisenglimmerschiefer sind körnig-schieferige Gemenge von lamellarem Eisenglanz und Quarz. Man kennt sie vom Soonwald zwischen Gebroth und Winterburg[1]), vom Berge Görgelen in der Marmarosch (B. v. Cotta), aus vielen Gegenden Norwegens und ganz besonders im alten Schiefergebirge Brasiliens[2]). Bei Itabira und Antonio Pereira bilden sie mächtige Schichtensysteme zwischen Tonschiefern und Itacolumiten, desgleichen auch im nordamerikanischen Staate Südkarolina[3]). In beiden Ländern sind sie mit Goldlagerstätten verknüpft.

2. Itabirit.

Itabirit nennt man körnig-schieferige Gemenge von Quarz mit Eisenglanz und Magnetit, die bei Itabira, Villa rica und anderen Orten

---

1) Nöggerath in Karstens Archiv, XVI, 1842, S. 515.

2) v. Eschwege. *Beiträge zur Gebirgskunde Brasiliens.* Berlin 1832.

3) Lieber. *Report on the geol. surv. of S.-Carolina.* 1856.

Brasiliens neben Eisenglimmerschiefern auftreten, auch bei Sutton in Kanada, hier innerhalb metamorpher Silurschichten, entwickelt sind. In Brasilien enthalten sie zugleich Golderze, auch hält Hussak[1]) den Itabirit für das Muttergestein der im alluvialen „Cascalho" von Tripuhy vorkommenden Rollstücke von Zinnober. Ferner finden wir in Südkarolina dieses Gestein wieder und zwar in Gesellschaft von Glimmerschiefer, Itacolumiten und an Magnetitkörnchen reichen Talkschiefern, sog. Catawbiriten. Auch hier sind Goldlagerstätten aus diesem Komplex bekannt.

Größere Bedeutung als diese Vorkommnisse haben für die Praxis gewisse norwegische Lagerstätten, die wir deshalb ausführlicher skizzieren wollen:

8. Die fahlbandähnlichen Eisenerzlager im nördlichen Norwegen.

Diese Erzlager sind nach J. H. L. Vogt[2]) hauptsächlich an folgenden Orten aufgeschlossen: östlich von der Stadt Mosjöen (65° 50′ n. Br), bei Fuglestrand und Seljeli am Elvsfjord (66° 10′ n. Br.), auf den Inseln Tomö und Dönnesö an der Mündung des Ranenfjord (66° 15′ n. Br.), im Dunderlandstal mit Rödvastal und Lagvand (66° 20′—66° 30′ n. Br.), bei Näverhaugen[3]) in Skärstadt, Salten (67° 20′ n. Br.) und zahlreiche Lager am Ofotfjord (68° 40′ n. Br.). Die ganze Zone dieser Vorkommnisse ist gegen 400 km lang.

Das dortige kristalline Schiefergebirge gliedert sich nach Vogt wie folgt:

3. zuoberst die Sulitelma-Schiefergruppe.
2. eine jüngere Gneisgruppe.
1. zuunterst eine Glimmerschiefer-Marmorgruppe.

Die Erze erscheinen nach Vogt als gesteinsbildendes Glied in dem mittleren und oberen Teil der Glimmerschiefer-Marmorgruppe. Sie bilden Einlagerungen in der unmittelbaren Nähe mächtiger Kalksteine oder Dolomite, jedoch so, daß das Erz beinahe immer von jenen durch meist 1—10 m mächtige Glimmerschiefer-Zwischenlager getrennt ist. Zwischen Erz und Nebengestein bestehen scharfe Grenzen. Die streichende Länge der Erzlager ist häufig 1—2 km, gelegentlich selbst 5—8 km. Ihre Mächtigkeit beträgt 30—60 m, ja 75—100 m, ihre Zahl z. B. in Dunderlandsdalen etwa 500. Dafür zeichnen sich die Erze durch große

[1]) Hussak in der Z. f. pr. G., 1897, S. 65.

[2]) J. H. L. Vogt. *Salten og Ranen.* Kristiania 1890. — *Dunderlandsdalens jernmalmfelt.* 1894. — *Die regional-metam. Eisenerzlager im nördl. Norwegen.* Z. f. pr. G., 1903, S. 24—28, S. 59—65.

[3]) A. W. Stelzner. *Das Eisenerzfeld von Naeverhaugen.* Berlin 1891.

Eisenarmut aus, halten sie doch meist nur gegen 40 % Eisen. Sie führen nämlich neben Eisenglanz und Magnetit sehr viel Quarz. Mitunter gesellen sich auch Epidot, Granat, Hornblende, Pyroxen u. a. Silikate hinzu. Eisenglanz ist gewöhnlich doppelt so viel vorhanden, wie Magnetit. Die meisten Lager führen ein sehr manganarmes Erz (Dunderlandsdalen 0,14—1,00 % Mn). Der Phosphorgehalt beträgt durchschnittlich infolge nur mäßiger Beimengung von Apatit 0,2 %. Der Schwefelgehalt hält sich nur zwischen 0,01—0,025 %.

Hiernach kommen diese Erze dem schwedischen Striberg-Typus nahe (siehe S. 348).

Die erst vor kurzem aufgeschlossenen Eisenerzlager am Varangerfjord nahe an der finländischen Grenze bestehen wesentlich aus Magnetit und Hornblende und sind einem präkambrischen kristallinen Schiefergebirge eingeschaltet. Ihr Eisengehalt stellt sich zu 40—50 %. Man beabsichtigt, sie magnetisch aufzubereiten.

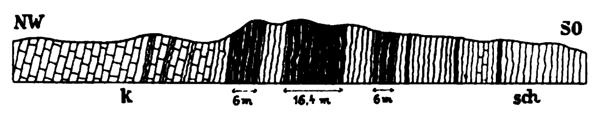


Fig. 291.
Querprofil durch den Lagerzug am Hohen Dunderland nach Vogt.
Die Erzlager wechsellagern mit Glimmerschiefer (*sch*) und kristallinem Kalkstein (*k*).

In wirtschaftlicher Beziehung hatte man auf alle diese norwegischen Eisenerzlagerstätten, besonders auf die von Dunderlandsdalen große Hoffnungen gesetzt. Die Versuche, die Erze der letzteren mit dem Gröndal-Verfahren aufzubereiten und zu brikettieren, erwiesen sich jedoch nicht als lohnend. Das Dunderlandswerk wurde Ende 1908 wieder eingestellt[1]).

b) Kompakte Magnetit- und Glanzeisenerzlager innerhalb von kristallinen Schiefern.

1. Die schichtigen Eisenerzlager des archäischen Gebirges in Schweden[2]).

Schweden ist sehr reich an Eisenerzlagerstätten, betrug doch im Jahre 1907 die Gesamtproduktion an Eisenerz 4 300 350 t. Es sind hauptsächlich zwei große Gebiete, die diese Bodenschätze bergen. Das

[1]) Siehe die Mitteilungen von Weiskopf in der Z. f. pr. G., 1908, S. 521.

[2]) Das Folgende bis S. 353 wurde vom Verfasser in erweiterter Form bereits in der Z. f. pr. G. 1899, H. 1, veröffentlicht.

eine liegt in Mittelschweden zu beiden Seiten des 60. Breitengrades; es ist das altberühmte „Jernbäraland“ mit den vielgenannten Gruben Persberg, Taberg-Nordmark, Striberg, Grängesberg, Norberg und Dannemora. Es produzierte im Jahre 1907 1653140 t. Das andere hoch im Norden, dicht nördlich vom Polarkreis, welches neuerdings in den Vordergrund des Interesses gerückt ist, mit Luossavara, Kirunavara, Svappavare und Gellivara in der Landschaft Norrbotten haben wir bereits geschildert. Es erzeugte 1907 2647210 t. Mit Ausnahme der zuletzt genannten gehören sämtliche Lagerstätten dem kristallinen Schiefergebirge an, dessen Gliederung daher kurz erwähnt werden muß, um die geologische Stellung der Vorkommen näher festsetzen zu können.

Nach A. E. Törnebohm[1]) gliedert sich das schwedische Urgebirge wie folgt:

Obere Abteilung	Granite, z. T. auch Gneise (Wermland). Phyllitähnliche Schiefer, dunkle Hälleflinten, zu unterst mit einem Dioritlager (Grytthyttan). Porphyroïde, Hälleflinten. Feinkörnig-schuppige Gneise (sog. Granulite oder Eurite der schwedischen Forscher). Gebänderte Gneisgranulite.
Untere Abteilung	Rote und graue Granite und Granitgneise. Gebänderte Gneise, sowie Cordieritgneise (östliches Schweden) und Epidotgneise (westliches Schweden). Eisengneise (Gneise mit fein eingestreutem Magnetit).

Eisenerze und kristalline Kalksteine — beide kommen fast immer zusammen oder nahe beieinander vor — sind im mittleren Schweden in der unteren Abteilung nur selten, sehr reichlich vertreten dagegen in der oberen, und zwar in dem Horizont der Granulite, Porphyroïde und Hälleflinten. Die Eisenerze zerfallen hier in Magneteisenerze und Glanzeisenerze. Die ersteren sind entweder eng mit Kalkstein verknüpft oder mit einem wesentlich aus Pyroxen und Hornblende bestehenden, oft Granat und Epidot führenden Gestein, dem sog. Skarn der Schweden. Die Glanzeisenerze dagegen sind gewöhnlich unmittelbar dem Granulit zwischengelagert. Nicht für alle, wie wir sehen werden, steht der syngenetische Charakter fest. —

Produktion der wichtigsten Gruben Schwedens.

Im folgenden sind nach der amtlichen Statistik[2]) die wichtigsten Eisenerzgruben Schwedens mit ihrer Produktion in Tonnen für 1907 zusammengestellt. Die in Kursiv gedruckten Bergwerke sind im I. Band unseres Werkes erwähnt.

[1]) Törnebohm. *Öfverblick öfver Mellersta Sveriges Urformation.* Geol. Fören. Förh., Bd. VI, H. 12.

[2]) Bidrag till Sveriges officieller statistik. c) Bergshandteringen. Kommerskollegii Berättelse för år 1907. Stockholm 1908.

	Magnetit	Rot- u. Glanzeisenerz
Dannemora in der Landschaft Upsala	44242	—
Kantorps Gruben in Södermanland	12252	5001
In Wermland:		
Persberg	22023	—
Långban	2115	4972
Taberg (Nordmark)	14447	—
Nordmarkgruben	7806	—
Finmossegruben	16733	—
In Örebro:		
Striberg	979	34741
Pershyttenfeld	—	12298
Dalkarlsberg und Vasagruben	21454	—
Lombergsfeld	16956	—
Ställbergsfeld	28892	—
Sköttgrubenfeld	39790	—
Mossgruben	10550	—
Stripa Hauptfeld	—	35782
In Westmanland:		
Källfallsfeld	17821	—
Risbergsfeld (Norberg)	—	18912
Bondgrube (Norberg)	—	11461
Morbergsfeld (Norberg)	—	18188
Kallmora (Norberg)	12126	—
Klackbergsfeld (Norberg)	32938	—
Großes Kolningsbergsfeld (Norberg)	16931	—
In Kopparberg:		
Vintjärnsfeld	11128	—
Idkerbergsfeld	47174	—
Bispbergsfeld	12570	—
Grängesbergsfeld	424118	250000
Ormbergsfeld	—	45937
Risbergsfeld	277	14932
Norra Mossgrufva	—	8922
Blötbergsfeld	66255	17603
In Norbotten:		
Gellivare	929421	—
Kosskullskullegrufva	211883	—
Kirunavara	1417929	—
Tuolluvara	87977	—

Bei der Schilderung von Beispielen unter den Grubenrevieren empfiehlt es sich, mit Norberg zu beginnen, weil hier gerade auf kleinem Raum sehr mannigfache Erztypen vorkommen. Von den vielen anderen greifen wir ferner noch Persberg, Dannemora und Grängesberg heraus.

I. Norberg.

„Norberg Bergslag" innerhalb der Kirchspiele Norberg und Westanfors in Westmanland umfaßt ein paar hundert Eisengruben, die auf eine schmale Zone von 20 km Länge und 3 km Breite verteilt sind. Sämtliche liegen in einer aus feinkörnig-schuppigen Gneisen (Granuliten der schwedischen Autoren) und aus Hälleflinten bestehenden Gesteinszone, die beiderseitig von Granit und Gneis begrenzt wird und Einlagerungen von Glimmerschiefer, sowie von kristallinem Kalkstein und Dolomit enthält. Es kommen dort drei verschiedene Arten von Eisenerz vor: 1. aus kristallinem Eisenglanz bestehende Roteisenerze oder Glanzeisenerze mit zahlreichen, äußerst dünnen Quarzitlamellen, die oft vom Gebirgsdruck gestaucht und zierlich gefältet erscheinen, sie heißen „torrstenar" d. s. trockene, eines Zuschlags bedürftige Erze; 2. feinkristalline Magneteisenerze in inniger Verbindung mit einem Granat-Pyroxenskarn; sie bedürfen keines Zuschlags und heißen darum „engående" d. s. selbstflüssige Erze; 3. meist sehr manganhaltige (bei Klackberg bis 7 % Mn_2O_3) Magneteisenerze in Linsen inmitten des Dolomites und Kalksteines und darum zugleich sehr kalkreich, „blandstenar" (d. s. zum Zuschlag dienende Erze) genannt, weil sie in der Regel anderen zugesetzt werden.

Die quarzigen Glanzeisenerze, die übrigens in ganz ähnlicher Ausbildung auch bei Striberg[1]) im Oerebrogebiet wieder gefunden und darum von den schwedischen Forschern „Eisenerze nach dem Striberger Typus" genannt werden, sind in der Hauptsache auf das untere geologische Niveau der Erzzone beschränkt. Darüber folgen vorwiegend die an Pyroxenskarn gebundenen Vorkommnisse, und im obersten Horizont wiegen die kalkhaltigen „blandstenar" der Dolomiteinlagerungen vor[2]). Der Eisengehalt der Erze schwankt zwischen 43—60 % bei einem Phosphorgehalt von nur 0,004—0,035 %. Während der Jahre 1891—95 betrug die durchschnittliche Jahresförderung 172516 t Eisenerz[3]). Die jetzige Produktion ersehe man aus der Tabelle S. 347.

---

[1]) Birger Santesson. *Beskrifning till Karta öfver Berggrunden af Örebro Län. II. De vigtigare Grufvefälten.* Stockholm 1889.

[2]) A. E. Törnebohm. *Om lagerföljden inom Norbergs malmfält med karta.* Geol. Fören. Förh., II. Bd., 1874—75, S. 329. — Man vergl. ferner: G. A. Granström. *Några underrättelser om grufvorna och grufdriften inom Norbergs bergslag* in Jern-Kontorets Annaler 1876, S. 1.

[3]) Törnebohm. *Geologiska Öfversigtskarta öfver Mellersta Sveriges Bergslag Blad 2 med Beskrifning.* 1880. — Nordenström's *Katalog Mellersta Sveriges Grufutställning.* Stockholm 1897.

Zuweilen enthalten die an Kalkstein gebundenen Magneteisenerze etwas Pyrit beigemengt und müssen daher geröstet werden, ehe sie auf den Hochofen gelangen, so z. B. auf Klackgrufva. In einzelnen Gruben treten zum Pyrit noch andere sulfidische Erze edlerer Art hinzu, und zwar so reichlich, daß man darauf baut; besonders Bleiglanz und Kupferkies werden gewonnen (siehe Kallmora unter epigenetischen Erzlagern).

II. Persberg[1]).

Die der Sage nach schon seit 1390 betriebenen Eisenerzgruben von Persberg liegen in Wermland auf einer in den Yngen-See vorspringenden Halbinsel in flachhügeliger Gegend. Die Produktion betrug zwischen 1891—95 noch durchschnittlich 31884 t pro Jahr bei einem Eisengehalt von 53—60 % der besseren Erze. 1907 belief sie sich

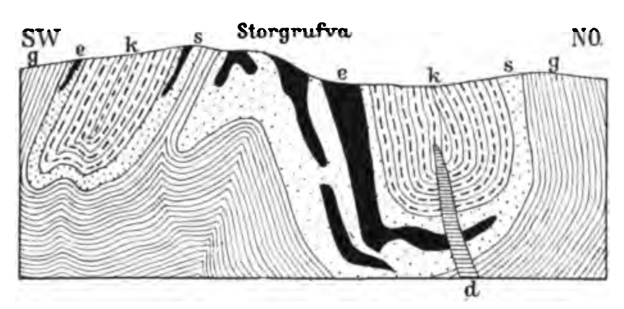


Fig. 292. *Profil durch die Storgrufva zu Persberg.*
g Kleinkörnig-schuppiger Biotitgneis, *k* Kalkstein und Dolomit, *s* Skarn, *e* Erzkörper, *d* Diorit.

auf 22023 t. Es wird ausschließlich Magneteisenerz (svartmalm) gewonnen. Die besten Qualitäten enthalten in ihrer fein kristallinen Masse nur ganz unbedeutende Beimengungen von Pyroxen, die ärmeren Sorten schließen auch Granat und Talk ein. Der Phosphorgehalt beläuft sich nur auf 0,002 im Durchschnitt, höchstens auf 0,013 %. Der Gehalt an Mangan schwankt zwischen 0,20—0,35 %.

Das umgebende Gebirge besteht auch hier aus einem sog. Granulit, einem äußerst feinkörnigen Gneis, der vielfach in dicht erscheinende, hälleflintaartige Gesteine übergeht und an ausgedehnte Granitterritorien angrenzt. Die Erzkörper in Gestalt von oft sehr unregelmäßigen Linsen und ganz unförmlichen Klumpen liegen eingebettet in einem

---

[1]) A. E. Törnebohm. *Karta öfver Berggrunden inom Filipstads Bergslag.* 1874. — Derselbe. *Geognostisk Beskrifning öfver Persbergets Grufvefält.* 1875. Med en karta. — Walfr. Petersson. *Högbergs fältet vid Persberg.* 1897. — Nordenström's *Katalog.*

granat- und epidotführenden Salitskarn. Dieser tritt teils als selbständige Einlagerung im Granulit, teils an der Grenze mehrerer großer Lager von kristallinem Kalkstein und Dolomit auf, die hier den Granuliten eingeschaltet sind. Die letztere Lagerungsform erhellt aus dem Profil durch die Storgrufva (s. Fig. 292). Der Skarn mitsamt den Erzlagern nimmt an allen den zahlreichen Faltungen teil, denen das Grundgebirge hier ausgesetzt war. Besonders stark gefaltet und gestaucht sind die Skarnlager in dem Högbergsfeld. Walfr. Petersson will die Erfahrung gemacht haben, daß an den Umbiegungsstellen der Gebirgsfalten die bedeutendsten Erzkörper sich vorfinden. Eine besondere Art von Skarn herrscht im Gebiete der Alabamagrube, er besteht hauptsächlich aus Talk. Manchmal zeigt der Skarn eine lagenförmige Schichtung in abwechselnden Granat- und Pyroxenlagen, aber meist nur in seinen erzleeren Partien. Die Erzkörper sind entweder scharf begrenzt oder gehen durch immer größere Aufnahme der Mineralbestandteile des Skarns allmählich in diesen über. Andererseits kann man zuweilen im Granulit pyroxenhaltige Bänder sich einstellen und so einen Übergang zum Skarn sich vollziehen sehen. In manchen Teilen der Gruben ist der Magneteisenstein mit Kalkspat durchtrümert.

An vielen Stellen sieht man sogenannte „Skölar“ durch die Erzlager streichen. Unter Sköl versteht man in Schweden eine meist seiger stehende, gewöhnlich ungefähr dem Streichen folgende Gleitzone, deren Masse aus chloritischen oder serpentinösen Zermalmungs- und Zersetzungsprodukten besteht. Sie können bis mehrere Meter an Mächtigkeit erlangen und führen beim Grubenbau zuweilen zur Ablösung ganzer, großer Wände.

III. Dannemora[1]).

Die berühmten Dannemoragruben liegen unweit der Bahnlinie von Upsala nach Gefle in einer flachhügeligen Gegend am Gestade des schilfreichen Grubensees. Nahe östlich davon befinden sich die Hüttenwerke von Österby, wo der ausgezeichnete Dannemorastahl aus den Erzen des Reviers gewonnen wird. Die Gruben werden bereits 1481 genannt, wenn auch der eigentliche Betrieb wohl erst 1532 begann. 1891—95 betrug die durchschnittliche Jahresförderung 55440 t Eisenerz und 390 t Zinkblende. 1907 wurden 44242 t Eisenerz erzeugt.

Das Dannemoraerz ist ein sehr dichter Magneteisenstein von 20—65, im Durchschnitt 50 % Eisengehalt, dessen Höhe von der

[1]) A. E. Törnebohm. *Geologisk Atlas öfver Dannemora Grufvor vid Beskrifning.* Stockholm 1878.

Menge des innig beigemengten Strahlsteines, und zwar einer manganreichen, Dannemorit genannten Varietät, und des Kalkspates abhängt.

Die geologischen Verhältnisse sind, wie folgt, entwickelt. Inmitten eines ausgedehnten Territoriums von Granit und zwar von dem zum Teil gneisartig ausgebildeten Upsala-Granit, liegt eingeklemmt ein mächtiger Zug von Hälleflinta, von feinkörnigem Gneis (Granulit, Eurit der Schweden) und von kristallinem Kalkstein mit beträchtlichem Mangangehalt. Die Hälleflinten von Dannemora haben von jeher die Aufmerksamkeit der Geologen erregt. Es sind zum Teil deutlich erkennbare Ergußgesteine aus der Gruppe der Quarzporphyre, zum anderen Teil stark veränderte Porphyrtuffe, die in manchmal nur papierdünnen Lagen mit dem Kalkstein wechsellagern können und so ihre sedimentäre Entstehung ganz deutlich zur Schau tragen. Eingeschaltet im Kalkstein oder zwischen ihm und der Hälleflinta trifft man die Erzkörper, die drei Hauptlagerzüge bilden. Diese Züge streichen in der Richtung NNO, auf über 2 km hin und fallen unter 75—80° nach NW. ein.

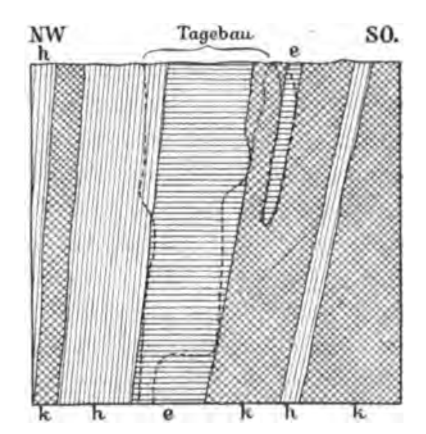


Fig. 293.
Querprofil durch Storrymningen zu Dannemora.
h Hälleflinta, *k* Kalkstein, *e* Eisenerz.

Die größte der Erzlinsen, im Mittelfelde gelegen, ist durch einen großartigen Tagebau, Storrymningen genannt, aufgeschlossen, dessen fast senkrechte Wände bis zu 145 m Tiefe sich hinabsenken (s. Fig. 293). Zurzeit wird nur unterirdisch, unterhalb der Sohle dieses Riesenschlundes abgebaut. Der hier ausgebeutete Erzkörper hat eine Mächtigkeit von 30 m und ist durch Scharung dreier, nahe benachbarter Parallellinsen entstanden.

An der Grenze zwischen den oft deutlich geschichteten Erzmassen und dem Kalkstein pflegt eine Lage von Skarn entwickelt zu sein, ein häufig granatführendes Amphibol-Salitgestein mit Magnetitschmitzchen. An vielen Stellen des Grubenfeldes setzen Gänge von Felsitporphyr und Diorit durch die Lager.

Eine ganz besondere Stellung im Dannemorareviere nimmt die Svafvelgrufva im Südfelde ein. Hier werden die Erzlager und die sie begleitenden Gesteine von Tage aus bis zu ca. 65 m Teufe hinab im Streichen schräg durchsetzt von einer breiten, gangförmigen Imprägnationszone, innerhalb deren z. Th. ziemlich bedeutende, geschlossene Massen von hauptsächlich Schwefelkies und Zinkblende sich eingestellt

haben, daneben finden sich auch Bleiglanz, Magnet-, Kupfer- und Arsenkies. Eine ganz ähnliche, aber hier dem Streichen der Lager folgende, sekundäre Imprägnation mit sulfidischen Erzen beobachtet man dort in ca. 230 m Teufe. Man hat im Dannemora-Südfeld früher bis 2000 t Blende pro Jahr produziert.

Schließlich soll noch das merkwürdige Auftreten von Erdpech auf kleinen Kalkspatgängen, die die Eisenerzlager durchsetzen, erwähnt werden, wobei zuweilen Asphaltkugeln von Kalzitskalenoëdern umschlossen sind.

IV. Grängesberg.

Grängesberg[1]) ist zurzeit das bedeutendste unter den mittelschwedischen Eisenerzrevieren.

Die geologischen Verhältnisse sind folgende: Das etwa 5 km lange und 1 km breite Revier von Grängesberg liegt im südlichsten Teile von Dalarne, zum kleinen Teil auch schon innerhalb des angrenzenden Westmanland. Sämtliche Vorkommen gehören der Granulitzone des Urgebirges an, deren vorherrschendes Gestein ein feinkörnig-schuppiger Biotitgneis ist. Diesem ist bei Grängesberg ein mächtiges Lager eines grobflaserigen, rötlichen Granitgneises zwischengeschaltet, in dessen Liegendem die Hauptlager sich befinden. Sämtliche Schichten streichen nach NNO. und fallen steil nach OSO. ein. Das Revier zerfällt in vier Abteilungen, das Lombergs-Feld im S., das Ormbergs- und Risbergs-Feld im W., das eigentliche Grängesbergfeld oder Export-Feld im O. und das Norra-Hammar-Feld im N. Die beiden ersten umfassen eine sehr große Anzahl kleiner Lager von Glanzeisenerz mit einer Beimischung von Magnetit und einem Phosphorgehalt von 0,02—0,8 %. Diese Erze sind teils mit einem Pyroxenskarn verknüpft, teils mit Kalkspat verwachsen.

Ganz abweichende Verhältnisse bestehen dagegen im Exportfeld. Zunächst liegen hier viel größere Mengen vor. Es sind hauptsächlich zwei große, linsenförmige Massen. Bei der südlichsten beträgt die größte Mächtigkeit im Bredsjöbrottet 65 m, von hier ab nach N. zu indessen auf eine große Strecke hin nur 30—40 m, bis schließlich die Linse ganz plötzlich auskeilt. Hierbei aber sind eine Anzahl 3—4 m mächtiger Zwischenmittel mit eingerechnet, sowie auch durchsetzende Pegmatitmassen. Im übrigen besteht der Erzkörper ausschließlich aus feinkörnig-kristallinem Magnetit mit 60—62 % Eisengehalt und 0,7—1,2 % Phosphor. Als Beimengungen wurden Quarz, Feldspat, Flußspat und Strahlstein erkannt. Die große nördliche Linse am Sjustjernsberge, deren Aufschlüsse unter der Bezeichnung Bergsbogrufva zusammengefaßt

[1]) Die allgemeinen Ausführungen wesentlich nach N. Hedberg. *The Grängesberg Iron Mines in 1898.* Falun 1898. Petrographische Angaben vom Verfasser.

werden, erreicht 400 m streichende Länge und 90 m Mächtigkeit. In ihrem hangenden Teil besteht auch sie aus Magnetit, der aber hier so viel Apatit beigemengt enthält, daß der Phosphorgehalt bis zu 2,8 % steigen kann. Außerdem sind dem Erze hier nicht selten bis 2 oder 3 cm dicke Lagen von beinahe reinem Apatitgestein zwischengeschaltet. Die liegende Hälfte der Linse dagegen besteht aus Glanzeisenerz mit 0,5—2 % Phosphor. Zuweilen liegen inmitten des feinkörnig-kristallinen Eisenglanzaggregates große Oktaëder von Magnetit als Einsprenglinge. Auch die Bergsbolinse führt einige Zwischenmittel von Granulit, die bis zu 8 m Mächtigkeit anschwellen können. Aus ihrem Verlauf ersieht man, daß die ganze Erzmasse als ein Komplex von mehreren dicht gescharten Linsen aufgefaßt werden muß. Außerdem wird das Erz auch hier vielfach durch mächtige, stock- und gangförmige Intrusivmassen von Pegmatit durchsetzt. Dieses glimmerarme Gestein führt Apatit, Beryll und merkwürdigerweise auch Asphalt in nierigen oder tropfenförmigen Stücken inmitten drusiger Partien, auch als Einschluß in Feldspat und Quarz. Wo die mächtigeren Pegmatitgänge Glanzeisenerz durchsetzen, haben sie dieses teilweise bis auf 2 m Entfernung hin in Magnetit umgewandelt. Auch wird behauptet, daß die Eisenerze in der Nachbarschaft des Pegmatites einen höheren Phosphorgehalt, bis zu 2,8 %, besitzen.

Das nördlichste Grubenfeld endlich, Norra-Hammargrufva, enthält einen äußerst apatitreichen Magneteisenstein mit 6—8 % Phosphorgehalt. Das unmittelbare Nebengestein ist ein Hornblendegneis mit glimmerreichen Lagen. Gerade dieses Vorkommen von Grängesberg hat außerordentlich große petrographische Ähnlichkeit mit den Erzen von Gellivare. Charakteristisch für die Erze von Norra Hammargrufva sind pegmatitische Ausscheidungen mit großen Individuen von Titanit, mit Hornblende und mit Erdpech, zuweilen auch mit Scheelit und zeolithischen Mineralien.

Nirgends bieten sich in den schwedischen Eisenerzrevieren deutlichere Hinweise auf die genetischen Verhältnisse dieser Erzmassen dar, als gerade hier bei Grängesberg. Wenn man sieht, wie beispielsweise in der Mor-Grube zwischen dem normalen Granulit und magnetitreichen Lagen ein äußerst dünnschichtiger Wechsel sich tausendfältig wiederholt, so kann kein Zweifel bestehen, daß der Magnetit und der Eisenglanz gleichzeitig mit den Bestandteilen des Nebengesteins auskristallisierten. Dies wird durch die mikroskopische Untersuchung bestätigt. In dem erwähnten Gestein von der Mor-Grube spielt der Magnetit ganz die Rolle eines mit dem Quarz, Orthoklas, Plagioklas und Glimmer, die in der Hauptsache den dortigen streifigen Granulit bilden, syngenetischen Gemengteiles. Teils kommt er in Körnern oder rundum ausbildeten Kristallen zwischen jenen vor, teils als Einschluß inmitten von Quarz und Feldspat, teils endlich umschließt er umgekehrt die genannten. Dasselbe gilt von

den apatitreichen Erzen der Bergsbo-Linse. Auch hier lehren uns eine dünnschichtige, oft wiederholte Wechsellagerung und die gegenseitigen mikroskopischen Verwachsungsverhältnisse eine gleichzeitige Auskristallisierung von Erz und Nebengesteinsgemengteilen. Bei dem apatitreichen Erze von Norra Hammar-Grube deutet allerdings das mikroskopische Bild auf eine gewisse Sukzession in der Abscheidung der einzelnen Bestandteile hin, die man bei den erwähnten Beispielen vermißt. Es scheint nämlich der immer einschlußfreie Apatit zugleich mit dem hier so reichlichen braunen Titanit jedesmal in den einzelnen Erzlagen am frühesten ausgeschieden zu sein. Dann folgte die Hornblende und der nicht häufige Quarz, endlich der Flußspat. Der Magnetit war vor der Hornblende nur in kleineren Individuen vorhanden, denn nur so findet er sich in jener eingeschlossen. In größeren Körnern und Aggregaten aber hat er später die Lücken zwischen den Hornblenden ausgefüllt.

Der Erzreichtum von Grängesberg dürfte auf eine lange Reihe von Jahren anhalten. Da auf Vestra Ormberget ein Erzkörper schon bis zu 300 m Teufe verfolgt worden ist, hofft man, daß auch die anderen weit hinabreichen.

Im nachstehenden geben wir einige typische Analysen verschiedener Abarten von mittelschwedischen Eisenerzen und zwar von folgenden Vorkommnissen:

I. Pyroxenhaltiges Magneteisenerz der Storgrufva zu Persberg. (Durchschnittsprobe genommen von W. Petersson.)

II. Quarziges Glanzeisenerz von Striberg [Kärrgrufva]. (Analyse von C. G. Särnström.)

III. Apatithaltiges Glanzeisenerz } von Grängesberg, Bergsbogrufva nach
IV. Apatithaltiges Magneteisenerz } N. Hedberg.

	I	II	III	IV
Eisenoxydoxydul	—	26,78	14,81	79,04
Eisenoxyd	55,24	47,32	73,50	9,13
Eisenoxydul	23,80	—	—	—
(Eisen)	57,18	52,52	62,18	63,63
Manganoxydul	0,21	0,19	0,04	0,10
Kalkerde	5,17	0,95	5,09	3,61
Magnesia	1,85	0,40	0,82	2,72
Tonerde	2,38	0,35	0,63	1,78
Kieselsäure	10,45	23,80	1,62	2,00
Phosphorsäure	0,007	0,034	3,53	2,42
(Phosphor)	0,0033	0,015	1,54	1,06
Kohlensäure	0,51	—	—	—
Schwefel	0,02	0,020	Spur	0,013
Kupfer	Spur	—	—	—
	99,637	99,844	100,04	100,813

Mit seiner gewaltigen Produktion von 674118 t im Jahre 1907 wird Grängesberg im Königreiche nur noch von den nordschwedischen Grubenfeldern übertroffen. Diese große Entwickelung hat sich erst seit neuester Zeit vollzogen. Zwar waren die Erzlager von Grängesberg schon seit Anfang des 17. Jahrhunderts bekannt, aber nur ein kleiner Teil wurde abgebaut, die größten gerade blieben so gut wie unverritzt, weil

der hohe Phosphorgehalt der Erze sie für die Hochöfen ungeeignet machte. Erst seit Erfindung des Thomasverfahrens vollzog sich auch hier ein Umschwung. Die Produktion steigerte sich plötzlich gewaltig. Die vielen Gewerkschaften, die früher dort kleine Betriebe unterhielten, wurden jetzt zu vier großen Gesellschaften zusammengelegt, die Hand in Hand arbeiten. Bei weitem der größte Teil der phosphorreichen Erze wird zurzeit von dem an der Ostküste gelegenen Hafen Oxelösund aus ins Ausland verschifft. Die Hauptmasse geht via Stettin und Rotterdam nach Oberschlesien und Westfalen.

Die Entstehung der mittelschwedischen Eisenerzlagerstätten.

Aus unserer Übersicht über eine Auswahl der wichtigeren mittelschwedischen Eisenerzlagerstätten innerhalb des kristallinen Schiefergebirges dürfte der Leser die Überzeugung gewonnen haben, daß hier Lagerstätten von ganz verschiedener primärer Entstehung vorliegen, die aber alle den Zug gemeinsam haben, daß sie samt ihren Nebengesteinen einer mehr oder minder starken Regionalmetamorphose ausgesetzt waren. Diese Umwandlung hat die Merkmale ihrer einstigen Geburtsstätten mehr oder minder stark verwischt und verschleiert, wie das der Verfasser schon früher ausgeführt hatte[1]). In neuerer Zeit ist man eifrig bemüht, diesen Schleier zu lüften. Wir weisen u. a. auf die bemerkenswerten Versuche dieser Art von Hj. Sjögren[2]) und H. Johannson[3]) hin. Wir selbst sind überzeugt, daß nur ein Teil der mittelschwedischen Eisenerze ursprüngliche Sedimente waren, daß daneben aber auch kontaktmetamorphe und rein magmatische Gebilde vorliegen. Es schien uns aber noch verfrüht, und auch vom praktischen Standpunkt dieses Lehrbuches aus, der Übersicht wegen, untunlich, jetzt schon die Lagerstätten dieses Landstriches nach rein genetischen Gesichtspunkten zu trennen.

Immerhin mögen einige Bemerkungen andeuten, wie nach unserer Vermutung die genetischen Gruppen sich gestalten dürften, wenn es gelingen sollte, das vom Metamorphismus übertünchte Bild in seiner früheren Reinheit wieder herzustellen.

Am klarsten dürfte noch die Genesis der Erze des sog. Exportfeldes von Grängesberg sein. Hier haben wir denselben Typus, den wir noch unversehrt in Kiiruna, bereits stark verwischt in Gellivare kennen

---

[1]) R. Beck. *Über einige mittelschwedische Eisenerzlagerstätten.* Z. f. pr. G., 1899, H. 1.

[2]) Hj. Sjögren. *Om våra järnmalmers bildningssätt.* Geol. För. Förh. Maj 1906, S. 313—356. — *The Geolog. Relations of the Scandinavian Iron-Ores.* Trans. Am. Inst. Min. Eng. Toronto M. July 1907, p. 877—946.

[3]) H. Johannson. *Till frågan omde mellansvenska järnmalmernas bildningssätt.* I. Geol. För. Förh., 28, 1906, S. 516—538. II. 29, 1907, S. 143—186. III.

lernten. Der große Apatitreichtum, das Auftreten von Lagergängen reinen Apatitgesteines, das Gebundensein an die unmittelbare Nachbarschaft eines Lagergranites, der jetzt eine Gneisstruktur besitzt, sind die wichtigsten Kennzeichen. Schon Hj. Sjögren hat ausgeführt, daß diese Erze vermutlich genetisch mit dem Lagergranit verbunden sind, dessen zentrale Partien noch jetzt rein massige und ziemlich grobkörnige Struktur besitzen, während er an seinen Rändern flaserig und feinkörniger entwickelt ist, und nur noch vereinzelte porphyrartige Einsprenglinge enthält, bis er endlich in die feinkörnigen sog. Granulite, d. i. feinkörnigschuppigen Biotitgneise übergeht, denen die Erzlinsen eingeschaltet sind.

Alle die mit Kalkstein und Skarn verbundenen Eisenerze sind kontaktmetamorpher Entstehung verdächtig, da doch fast allenthalben granitische, oft in der Fazies von Gneisen umgewandelte Massen in der Nähe sind.

Sind überhaupt echt sedimentäre Eisenerze unter diesen Erzlagern versteckt? Haben wir vielleicht in den Erzen vom Striberg-Typus diese zu sehen? Gehören nicht auch die an die Hälleflinten, diese porphyrischen Ergußgesteine gebundenen Typen hierher? Wir können diese Frage mit Sicherheit nicht beantworten. Der Metamorphismus mit seinen starken mechanischen und chemischen Umgestaltungen hat den Einblick verhindert. Dem oben zitierten Vortrag von Hj. Sjögren vom Mai 1906 sind die bei der Diskussion geäußerten Ansichten über diese Fragen von einer Reihe hervorragender Forscher auf diesem Gebiete angefügt. Es sei hieraus erwähnt, daß Törnebohm noch immer am ehemals sedimentären Ursprung der meisten mittelschwedischen Eisenerze festhält. Ihm stimmt in der Hauptsache Holmquist bei.

2. Die Eisenerzlager der Arendaler Gegend in Norwegen.

Im südlichen Norwegen wurden in früherer Zeit bedeutende Betriebe auf Eisenerzlagern unterhalten, die denen von Persberg verwandt erscheinen, wenn auch Th. Kjerulf und Telleff Dahl[1]) nach dem damaligen Stand des Wissens sie für gangförmige Vorkommnisse zu halten geneigt waren.

Diese Lager bilden eine etwa 25 km lange Erzzone nahe der Küste. Die wichtigsten Gruben lagen am Langsev Vand (Langsev und Vas Grube), bei Näskilen am Hellesund, auf Langö und Gamö. Das Nebengestein ist Biotitgneis mit Einlagerungen von Glimmerschiefer, Quarzit, Hornblendeschiefer und kristallinem Kalkstein. Die aus Magneteisenerz mit etwas beigemengtem Granat und Augit bestehenden Erzkörper werden mantelförmig umgeben von einer Hülle von Skarn, der aus Granat,

[1]) Th. Kjerulf und Telleff Dahl. *Über das Vorkommen der Eisenerze bei Arendal* im neuen Jahrb. f. Min. 1862, S. 557 mit Tafel.

lichtgrünem Augit, sowie etwas Epidot und Kalzit zusammen gesetzt ist. Die einzelnen Erzmassen sind von unregelmäßiger Linsengestalt und erreichen 2—20 m Mächtigkeit bei einer streichenden Länge von 90—200 m. Während die Grenze zwischen Granatskarn und Nebengestein sehr scharf entwickelt ist, greift das Erz vielfach in trumartigen Ausläufern in den Skarn hinein, der übrigens auch in kleineren Linsen für sich im umgebenden Gneis vorkommt. Die von Kjerulf und Dahl beschriebenen Fragmente des Nebengesteines in diesen Lagerstätten dürften wohl auf lokale Störungen hindeuten. Die Lager selbst, besonders aber die Pegmatitgänge, von denen sie durchsetzt werden, sind reich an mancherlei z. T. seltenen Mineralien.

Möglicherweise müssen diese Lagerstätten als kontaktmetamorphe Gebilde gedeutet werden. Alsdann würde der umgebende Gneis als ein gestreckter Granit aufzufassen sein.

3. Die Eisenerzlagerstätten von Kriwoï-Rog im südlichen Rußland.

Diese Lagerstätten[1]), gewöhnlich zusammengefaßt als Saxagansches Becken, liegen am Inguletz, der als ein rechter Nebenfluß mit NS. gerichtetem Verlauf oberhalb von Cherson sich in den Dniepr ergießt. Sie haben für Rußland namentlich deshalb außerordentliche Bedeutung, weil sie nahe dem Donetz-Steinkohlenbecken gelegen sind, das sich östlich vom Dniepr ausbreitet. Die Erze gehören einem stark gefalteten, NNO. streichenden kristallinen Schiefergebirge an, dessen geologisches Alter noch unsicher ist. Zuoberst besteht dieses Gebirge aus kohligen Schiefern mit nur vereinzelten Erzlagen, darunter folgen die erzführenden Quarzitschiefer und noch weiter im Liegenden Tonschiefer, Aktinolithschiefer, Quarzchloritschiefer, Talkschiefer, Arkosen, turmalinreiche Quarzitschiefer und itakolumitartige Glimmerschiefer, endlich Gneise (wohl dynamometamorphe Granite) und eigentliche Granite. Die erzführenden Schichten bilden eine langhin sich erstreckende Falte. Auch im Kleinen sind die Schichten sehr stark gefaltet, wobei Quarzitbänke nach Macco an manchen Stellen in eine Kette von Quarzitknauern aufgelöst wurden, die wie Konglomeratgerölle im Tonschiefer stecken. Von dem parallel dem Saxagan-Flusse hinziehenden, doppelten Zug von Erz-

[1]) L. Strippelmann. *Süd-Rußlands Magneteisen- und Eisenglanzlagerstätten in den Gouv. Jekaterinoslaw und Cherson.* Mit Vorwort von B. v. Cotta u. geogn. Karte. 1873, S. 29—47. — S. Kontkiewicz. *Geol. Beschr. der Umgebung von Kriwoï-Rog.* Veröff. durch die Kaiserl. Min. Ges. 1880. — Trasenster. *L'industrie charbonnière et sidérurgique de la Russie méridionale.* Rev. Univ. des Mines. XXXIV. 1896, p. 172—194. — Monkowsky. *Zur Geol. von Kriwoï-Rog.* Z. f. pr. G. 1897, S. 374—378. — A. Macco. *Übersicht der geol. Verh. von Kriwoï-Rog usw.* Z. f. pr. G. 1898, S. 139—149. — Piatnitzky. *Über einige krist. Schiefer der Umgeb. von Kriwoï-Rog.* Mitt. Naturw.-Ver. Neuvorpommern u. Rügen. XXVIII. (1896), 1897, S. 111—148. — J. Cordeweener. *Geol. de Krivoï-Rog et de Kertsch.* Paris 1902. Avec 19 phot., 4 cartes et bibliogr.

körpern sind die wichtigsten die beiden bei Kriwoï-Rog abgebauten Hauptlager, ein unteres von ca. 30 m, ein oberes bis zu 80 m Mächtigkeit. Die Erze bestehen aus größtenteils in Roteisenerz umgewandeltem Magneteisenerz mit 45—70% Fe-Gehalt und gewöhnlich nur 0,01 bis 0,02% P_2O_5. Die sehr unregelmäßigen Erzmassen haben als Nebengestein einen fein gebänderten, gelblichweiß, rot oder braun gefärbten Eisenquarzitschiefer, dessen kristalline Quarzkörner zahlreiche Magnetite umschließen und dabei selbst ganz in Eisenerz eingebettet sein können. Im Jahre 1894 betrug die Produktion von Kriwoï-Rog bereits 880000 t und stieg seitdem bis 1900 auf etwa 2700000 t. Im Jahre 1907 sind 3750000 t gewonnen worden. Nach J. Cordeweener sind noch ungefähr 73 Millionen t Erz zum Abbau vorhanden, nach der Statistik der südrussischen Montanindustriellen sogar 82 Millionen.

4. Die Lagerstätten in der Bukowina.

Nur kurze Erwähnung mögen hier finden die Magneteisenerzlager im Glimmerschiefergebiet der südlichen Bukowina (Grube Rusaja u. a.)[1].

Wir verlassen jetzt Europa und werfen einen Blick auf die schichtigen Eisenerzlagerstätten im kristallinen Schiefergebirge Nordamerikas.

5. Archäische (laurentische) Magneteisenerzlager Nordamerikas.

Lagerstätten von Magneteisenerz trifft man an zahlreichen Stellen Nordamerikas inmitten von archäischen Gneisen und kristallinen Kalksteinen. Die wichtigsten befinden sich im Gebiete der Highlands von New-York (Putnam County)[2] und New-Jersey (Tilly Foster Grube, Forest of Dean Grube) und im westlichen Nord-Karolina (Cranberry)[3].

6. Präkambrische (algonkische) Eisenerzlager Nordamerikas. Der Marquette Eisenerzdistrikt im Staate Michigan.

Nur teilweise in die Kategorie der syngenetischen schichtigen Lagerstätten, zum größeren Teile wohl zu den metasomatischen Gebilden gehören die neuerdings ausgezeichnet erforschten Vorkommen des

---

[1]) B. v. Cotta. *Lehre von den Lagerstätten der Erze II.* S. 260. — B. Walther. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1876, S. 391 u. 415.

[2]) C. A. Stewart. *The Magnetite Belts of Putnam County, N. Y.* School of Mines Quarterly. Vol. XXIX, Nr. 3.

[3]) J. Kemp. *Ore Deposits of the United States*, 1900, p. 166. — H. B. Nitze. *Iron Ores of North Carolina.* N. Carolina Geol. Surv. Bull. 1, 1893.

Marquette-Distriktes im Staate Michigan. Nach Van Hise und Bayley[1]) trifft man dort folgende geologischen Verhältnisse:

Das etwa 65 km lange und 2—5 km breite Gebiet dehnt sich am Südufer des Oberen Sees zwischen Marquette und Michigamme aus. Der älteste Untergrund besteht hier aus archäischen Glimmerschiefern, Hornblendeschiefern, Gneisen, Granitgneisen und intrusiven Granitmassen. Darüber folgt, wie das Profil Fig. 294 zeigt, diskordant die algonkische (präkambrische) Formation mit ihren zwei Unterabteilungen, der unteren und der oberen Marquette-Formation. Die erstere besteht aus Quarziten, Dolomiten, Schiefern und dem Eisenerz führenden Schichtenkomplex von Negaunee, die letztere aus Quarziten, Schiefern und z. T. stark regional metamorphen Grauwacken und Konglomeraten, sowie basischen Eruptivdecken.

Die Eisenerz führende Negaunee-Gruppe, 300—450 m mächtig, wird in ihrem unteren Niveau, wo noch die ursprüngliche Gesteins-

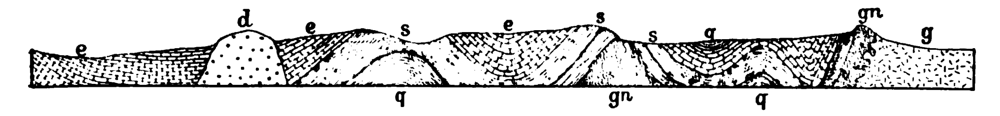


Fig. 294.
Profil durch die Gegend im S. von Negaunee nach Van Hise.
gn Gneis, *g* Granit, *q* Quarzit, *s* Tonschiefer, *e* Eisen führende Negaunee-Schichten, *d* Diorit und Diabas.

beschaffenheit vorwaltet, hauptsächlich gebildet aus feinlagenförmigen Sideritquarziten, die aus abwechselnden Lamellen von Spateisenerz und Quarz bestehen und etwa 30—40 % FeO enthalten. Nach J. E. Spurr[2]) sind die Sideritquarzite aus der chemischen Umwandlung von ursprünglich Glaukonit führenden Gesteinen hervorgegangen. Die Umwandlung der Sideritquarzite nahm dann weiterhin nach Van Hise und Bayley folgenden Verlauf: Im unteren Niveau entstanden auf metasomatischem Wege zunächst Grunerit-Magnetitquarzite. Diese setzen sich zusammen aus dünnen Lagen von Quarz, von Magnetit und solchen von Grunerit, dem fast reinen Eisenoxydulsilikat in Aktinolithform. Vielfach führen sie auch sekundär gebildeten Granat. Diese metasomatischen Vorgänge denken sich die erwähnten Verfasser im Zusammenhang mit der Intrusion

[1]) Van Hise and Bayley. *The Marquette Iron-Bearing District of Michigan. With Atlas.* Washington 1897. U. S. Geolog. Survey. Monographs XXVIII. — J. E. Jopling. *The Marquette Range, its discovery, development and resources.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., 27. Bd., 1898, p. 541—555.

[2]) J. E. Spurr. *The Original Source of the Lake Superior Iron Ores.* Amer. Geologist June 1902, p. 335 ff.

der für den ganzen Negaunee-Komplex geradezu charakteristischen Diabase, die sich in mächtigen Stöcken eingedrängt haben und in zahlreichen Gängen die Erz führenden Schichten durchschwärmen. Im Gefolge derselben hätten heiße Lösungen die Sideritquarzite durchwässert und den Austausch des Eisenkarbonats mit Alkalisilikaten veranlaßt. Im höheren Niveau dagegen haben sich aus den Sideritquarziten durch Umkristallisierung unter dem Einfluß atmosphärischer Sickerwässer, die mit Sauerstoff beladen in die Tiefe drangen, zierlich gebänderte Hämatit-Limonitquarzite gebildet. Bei diesen sieht man Glanzeisenerz- und Brauneisenerzlagen mit Eisenkiesel- oder Jaspisbändern wechseln, die vom Gebirgsdruck in dem stark dislozierten Gebirge wunderlich gefaltet und vielfach zu einer Brekzie zerstückelt worden sind. Kristalliner Eisenglanz ist hierbei in die Risse zwischen den einzelnen Jaspisfragmenten eingedrungen. Aus dieser leichten chemischen Beweglichkeit der Eisen-

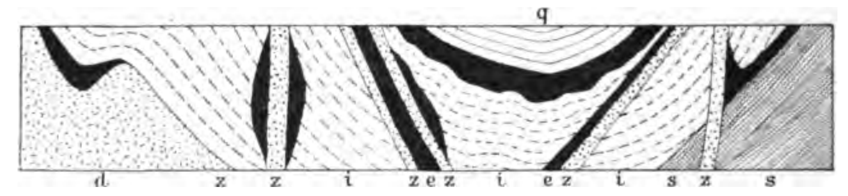


Fig. 295. *Schema des Auftretens der Eisenerzmassen im Marquette-Distrikt* nach Van Hise.
s Schiefer, *i* Jaspisschiefer, *q* Quarzit, *d* Diabas und Diorit, *z* zersetzter Diabas und Diorit, *e* Erzkörper.

verbindungen des Negaunee-Komplexes leiten nun die Verfasser auch die Entstehung der den eigentlichen Gegenstand des dortigen Bergbaues bildenden Erzkörper ab. Diese bestehen teils aus mit Glanzeisenerz gemengtem, deutlich körnig-kristallinem bis dichtem Magnetit (hard ores), teils aus rotem Hämatit mit Übergängen in Brauneisenerz (soft ores). Sind diese Erzkörper im allgemeinen auch gebunden an ein bestimmtes stratigraphisches Niveau, so ist ihre Lage im besonderen doch sichtlich abhängig von tektonischen Verhältnissen. Die Erzmassen finden sich nämlich immer in Mulden von gefalteten, schwer durchlässigen Gesteinen oder in Trögen, die von solchen Schichten und ebenfalls schwer durchlässigen, chloritisch und talkig zersetzten Eruptivgängen gebildet werden, wie dies das beistehende Profil (Fig. 295) erkennen läßt. Diese soliden Erzmassen können daher nicht durch direkte Sedimentation entstanden sein, wenn sie auch genetisch ausgegangen sind von den zweifellos sedimentären Sideritquarziten. Sie wären hiernach vielmehr Anreicherungsbildungen, abgelagert durch der Tiefe zustrebende eisenhaltige

Wässer, die ihre Last den oberen, durch den Faltungsprozeß stark zerrütteten Schichten entnahmen. Sie würden damit ein ausgezeichnetes Beispiel von Erzlagerstätten bilden, die mit Hilfe der Deszensionstheorie (siehe später) erklärt werden müssen. Die größte Schwierigkeit findet diese Erklärung offenbar in der Frage, wie denn die Kieselsäure aus den quarzreichen Gesteinsmassen entfernt wurde, um die Räume für das einwandernde, schließlich kompakte Erzkörper bildende Eisenerz frei zu machen. Die Verfasser der Monographie suchen diese lösende und wegführende Rolle alkalischen Verbindungen zuzuschreiben, die bei der Verwitterung jener diabasischen Gesteine entstehen.

In sehr ähnlicher Weise entwickelt sind die Eisenerzlagerstätten in folgenden Gebieten[1]):

Penokee-Gogebic-Distrikt im nördl. Wisconsin und Michigan.

Crystal Falls-D. in Michigan.

Menominee-D. an der Grenze von M. und W.

Mesabi Range-D. und Vermilion-D. in Minnesota.

Michipicoten Ranges-D. in Ontario.

Die Eisenerzreviere im Seengebiet lieferten im Jahre 1906 38522129 t Eisenerz. Im ganzen wurden nach „Mineral Industry" bis Ende 1906 von dort 338571894 t Eisenerz verschifft, die sich wie folgt verteilten:

Marquette . . .	80857801 t =	23,9 %
Menominee . . .	58676485 t =	17,3 „
Gogebic	50476655 t =	14,9 „
Vermilion . . .	25490255 t =	7,5 „
Mesabi	122742838 t =	36,3 „
Baraboo	327846 t =	0,1 „

Danach steht das Mesabi-Gebiet mit 36,3 % der ganzen Förderung oben an. Ein einziges Bergwerk in diesem Bezirk, die Iron-Mountain-Mine nahe bei Eveleth, lieferte im Jahre 1906 genug Eisen, um 25000 Lokomotiven im Gewicht von je 120000 Pfund herstellen zu können. In jenem Jahre lieferte die Mine 2500750 t Eisenerz, mehr als von 1770 bis 1870 in ganz Amerika verbraucht wurde. Daneben produzierten sieben andere Minen im Mesabibezirk im selben Jahre je mehr als 1 Million Tonnen Erz, und der Stahl, der aus dem Produkt dieser sieben Bergwerke hergestellt wurde, würde ausreichend sein, die Vereinigten Staaten mit einer Flotte von 140 der größten Schlachtschiffe zu versorgen. Die Gesamtproduktion der Mesabi-Minen belief sich 1906

[1]) R. Irving and C. R. Van Hise. *The Penokee Iron-Bearing Series.* Monogr. XIX. U. S. Geol. S. 1892. — J. M. Clements and H. L. Smyth. *The Crystal Falls Iron-Bearing D.* Monogr. XXXVI. do. 1899. — C. K. Leith. *The Mesabi Range I.-B.-D.* Monogr. XLIII. do. 1903. — J. M. Clements. *The Vermilion I.-B.-D.* Monogr. XLV. do. 1903. — W. G. Bayley. *The Menominee I.-B.-D.* Monogr. XLVI. do. 1904. — A. P. Coleman and A. B. Willmott. *The Michipicoten Iron-Ranges.* University of Toronto Studies 1902, p. 39—151. — C. K. Leith. *A Summary of Lake Superior Geology with special reference to recent studies of the Iron-Bearing Series.* Trans. Am. Inst. Min. Eng. Sept. 1904.

auf 20156566 t, und seit 16 Jahren hat der Bezirk die Welt um 75 Millionen Tonnen Roheisen bereichert. (W. V. Woehlke.) Ganze Dampferflotten nehmen in den Häfen von Duluth, Superior und Two Harbors, wohin die Erzbahnen führen, die Erze dieser Gebiete in Empfang.

Über die Zusammensetzung der letzteren gibt folgende, H. Winchell entnommene Tabelle Auskunft, die sich auf bei 100° C getrocknete Erze aus dem Jahre 1896 bezieht:

	Marquette Range (Barnum)	Menominee (Appleton)	Gogebic (Anvil)	Vermilion (Chandler)	Mesabi Range (Adams)
Eisen . . .	65,30	63,30	62,74	64,70	64,18
Kieselsäure .	3,49	4,61	4,09	4,26	2,80
Phosphor . .	0,075	0,018	0,055	0,036	0,035
Mangan . .	0,36	0,27	0,82	0,13	0,40
Aluminium .	1,79	1,30	1,10	1,37	0,80
Kalk . . .	0,33	0,52	0,47	0,33	0,21
Magnesium .	0,26	0,47	0,11	0,10	0,10
Schwefel . .	0,026	0,019	0,018	Spuren	0,007

In den letzten Jahren sind bei vielen Gruben die durchschnittlichen Eisengehalte etwas zurückgegangen.

7. Afrikanische Eisenerzlager des kristallinen Schiefergebirges.

Am besten bekannt von solchen sind die zahlreichen Eisenerzlager, die Frankreich in Algier besitzt. Die wichtigsten waren bisher die von Mokta-el Hadid (oder Ain Mokra) im Département Constantine am Fuße des südlichen Gehänges des Küstengebirges zwischen dem Cape de Fer und Bône, unweit des Lac Fezzara.

Die Erze bestehen aus Magnetit und Roteisenerz und bilden in inniger Verknüpfung mit Kalksteinen Lager innerhalb von Granatglimmerschiefern, die ihrerseits Gneisen zwischengeschaltet sind. Neuerdings ist Termier geneigt, diese Schichten für metamorphes Eozän zu halten und damit die Erze den eozänen gleichzustellen, von denen sie sich durch später erlangte, kristalline Struktur unterscheiden. Das Haupterzlager hat eine Mächtigkeit von 40 m. Die Produktion stieg in manchen Jahren (1874) bis zu 430000 t[1]). Neuerdings sind auch noch andere bedeutende Vorkommnisse in Angriff genommen worden.

Die früher von uns hierher gestellten Roteisensteine im deutschen Schutzgebiete Togo, am Erzberg Djole bei Banjeli, dürften paläozoischen Alters sein, da sie nach Koert feldspatführenden Quarziten mit wahrscheinlich glazialen Konglomeraten eingefügt sind[2]).

---

[1]) E. Fuchs et L. de Launay. *Traité des Gîtes Minéraux*, 1893, I, p. 721. — Termier. C. R. avril 1903.

[2]) Fr. Hupfeld. *Die Eisenindustrie in Togo.* Mitt. a. d. deutschen Schutzgebieten, Bd. XII, 1899, H. 4, S. 175—193. — Koert. *Das Eisenerzlager von Banjeli in Togo.* Mitt. Deutsch. Schutzgeb. Bd. XIX, 1906, H. 2.

B. Eisenerze als ursprüngliche Einlagerungen innerhalb normaler Sedimente.

a) Silurische Eisenerze.

1. Die Eisenerzlager im Untersilur des mittleren Böhmens [1]).

Die böhmischen Eisenerze sind der Barrandeschen Etage D (Untersilur) eingelagert, die vorzugsweise aus Quarziten, fernerhin auch aus Schiefern, Grauwacken, Konglomeraten, Diabasen, Mandelsteinen, Diabastuffen und Schalsteinen aufgebaut ist.

Die Erze kommen innerhalb dieser Etagen in verschiedenen Horizonten vor:

Der liegende Horizont D_1, der aus Konglomeraten, Grauwacken, Grauwackenschiefern, Diabastuffen und Tuffschiefern besteht, enthält die Eisenerzlager der Šárka, von Svárov, Libečov und Chyňava. Zwei mächtige Lager von Diabastuff und Tuffschiefer, die durch Grauwackenschiefer getrennt und überdeckt werden, sind hier das eigentliche erzführende Gestein. Die Lager bestehen aus oolithischem Roteisenerz bis zu 5 m Stärke, an anderen Stellen aus geringhaltigem, schwarzgrauem, ebenfalls oolithischem Chamosit (einem wasserhaltigen Tonerde-Eisensilikat mit geringem Magnesiagehalt). Diese Chamositlager erreichen bis zu 20 m Mächtigkeit. Die einzelnen Erzlager bilden in den Tuffschiefern langgezogene Linsen oder kurze Lager, die sich entweder auskeilen oder im Streichen in eisenarmen Tuffschiefer vertauben.

Ein hangender Horizont D_4, der wesentlich aus einer Wechsellagerung von Grauwackenschiefern und Quarziten besteht, umschließt die Erze von Jinočan, Nučic, Chrustenic und Vraž.

Am wichtigsten ist das Erzlager von Nučic im W. von Prag.

Das Nučicer Erz besitzt eine ausgesprochen oolithische Struktur. Es besteht aus einer Grundmasse von lichtbräunlichgrauem Spateisenerz

[1]) M. V. Lipold. *Die Eisensteinlager der silurischen Grauwackenformation in Böhmen.* Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst., 13. Bd., 1863, S. 339—448. Mit 40 Figuren. — Jos. Vala und R. Helmhacker. *Das Eisensteinvorkommen in der Gegend von Prag und Beraun.* Mit 9 Holzschn., 6 Taf. und 1 Karte. Prag 1873. — C. Feistmantel. *Die Eisensteine in der Etage D des böhmischen Silurgebirges.* Abh. d. k. böhm. Ges. d. Wiss. VI, Bd. 8, 1875 u. 76 und *Über die Lagerungsverhältnisse der Eisensteine usw.* Sitzungsber. d. k. Böhm. Ges. d. Wiss. 1878, S. 120—132.

oder, und zwar häufiger, von dunkelgrauem Chamosit, worin die Oolithe als konzentrischschalige Ellipsoide von Chamosit eingestreut liegen. Die Größe dieser kleinen Konkretionen schwankt gewöhnlich zwischen 1—2 mm im Durchmesser. Ein dort ebenfalls vorkommendes, sehr festes und sprödes Erz, Sklenĕnka (Glaserz) genannt, ist besonders reich an Eisenspat und Kalkspat, die die Grundmasse von Chamosit vollständig imprägnieren.

Wegen des angegebenen, nicht unbedeutenden Phosphorgehaltes werden die meisten Erze dem Thomasprozeß unterworfen.

Das Lager erreicht bei Nučic selbst seine größte Mächtigkeit von 16 m; die streichende Länge ist auf 15 km festgestellt worden. Es zeigt deutliche Schichtung. Das Liegende und das Hangende bilden Grauwackenschiefer, weiterhin auch Quarzite mit untersilurischen Versteinerungen. Auch das Erzlager selbst hat solche geliefert, u. a. Trinucleus ornatus Barr., Asaphus nobilis Barr., Orthis macrostoma Barr. Hierbei ist bemerkenswert, daß wir z. B. von Orthoceras aus Nučic auch Exemplare mit wohlerhaltener Kalkschale besitzen. Zuweilen ist das Lager durch zersetzende Lösungen beeinflußt und gebleicht. Im Ausgehenden, bis 6—12 m Teufe, ist das Erz in Brauneisenstein übergegangen.

Als sekundäre Konzentrationen von phosphorsauren Eisenverbindungen sind die bis kopfgroßen, nierig-traubigen Klumpen von orangegelbem Delvauxit und von mattgelbem Diadochit im zersetzten Schiefer des Liegenden oder auf Klüften zu erwähnen.

Die böhmischen Eisenerzlager haben mit den umschließenden Silurschichten viele Faltungen und Verwerfungen erlitten. Namentlich auch das Nučicer Lager, das im übrigen eine schwebende oder flach einfallende Schichtenstellung besitzt, wird von sehr zahlreichen Verwerfern schräg durchsetzt.

Zurzeit gehen die größten Bergbaubetriebe, und zwar Tagebaue nebst unterirdischen Gruben bei Nučic um, wo zwei Gesellschaften, die Prager Eisenindustrie und die böhmische Montangesellschaft, bestehen. Von den übrigen Aufschlußpunkten sind nur noch die Gruben von Zdic von größerer Bedeutung. Im Jahre 1898 wurden in Böhmen im ganzen 632 183,7 t Eisenerze erzeugt. Im Jahre 1899 produzierten allein zu Nučic die Prager Eisenindustrie 296 734 t, die Montangesellschaft 344 718 t Erze mit einem durchschnittlichen Eisengehalt von 37,25 %. Im Jahre 1905 erzeugte das gesamte Prager Gebiet 807 763 t.

2. Die Eisenerze in dem Untersilur des Thüringer Waldes und seiner Umgebung.

Auch im tiefsten Horizont des Untersilurs im Thüringer- und Frankenwald, sowie im Vogtlande kommen oolithische Eisenerze vor,

die denen in Böhmen ganz ähnlich sind[1]). Die beiden sie wesentlich zusammensetzenden Erze Thuringit und Chamosit, die übrigens gewöhnlich sich gegenseitig ausschließen, sind hier sehr genau untersucht worden. Wir geben zunächst im folgenden von Zalinski ausgeführte Analysen des Thuringites von Gebersreuth (I) und des Chamosites von Schmiedefeld (II), sowie III. eine von W. Böttcher angefertigte Analyse eines typischen Eisenerzes von Schmiedefeld.

	I.	II.	III.
SiO_2 . . .	21,28	23,54	18,63
Al_2O_3 . . .	17,74	18,15	8,48
Fe_2O_3 . . .	11,60	3,67	3,73
FeO . . .	36,73	36,84	45,13
MgO . . .	3,94	1,35	1,68
CaO . . .	—	1,62	0,84
P_2O_5 . . .	—	—	0,44
CO_2 . . .	—	—	13,00
TiO_2 . . .	—	—	1,63
H_2O . . .	8,56	11,58	6,44
	99,85	96,75	100,00

Der Thuringit bildet nach Zalinski oft winzige sechsseitige Täfelchen oder unregelmäßig feinschuppige Aggregate, seltener Oolithe. Der Chamosit tritt in Oolithen auf, die gewöhnlich 0,5 bis 2 mm, ganz ausnahmsweise bis 1,5 cm groß werden können. Diese enthalten sehr häufig Quarz, Eisenspat und Magnetitstäubchen und sind in einer Zwischenmasse von vorherrschendem Eisenspat nebst etwas Magnetit und Quarz eingebettet. Ihr konzentrisch schaliger Aufbau geht aus Fig. 296 hervor.

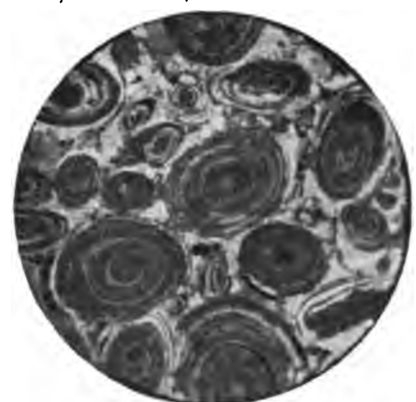


Fig. 296.
Dünnschliff durch ein chamositisches Eisenerz von Schmiedefeld bei 50facher Vergrößerung.

Die geologische Stellung dieser hydrosilikatischen Eisenerze, die beide durch ihre graugrüne Färbung auffallen, im Ausgehenden jedoch

[1]) C. W. von Gümbel. *Fichtelgebirge.* 1879. S. 235—236, 420—428. — Th. Liebe. *Übersicht über den Schichtenbau Ostthüringens.* Abh. z. geol. Spezialk. v. Preußen, Bd. V, H. 4. 1884. — H. Loretz. *Zur Kenntnis der untersilurischen Eisensteine im Thüringer Walde.* Jahrb. d. k. preuß. Landesanst. 1884, S. 120—147. — E. R. Zalinski. *Untersuchungen über Thuringit und Chamosit.* N. Jahrb. f. M. XIX. Beil.-B. 1904, S. 40—84. Taf. III—V.

in braunen Limonit übergehen, erhellt aus der folgenden Gliederung des thüringischen Untersilurs nach Th. Liebe und E. Zimmermann:

6. Obere, etwas kalkige, rostfleckige oder lederbraune Tonschiefer (=Caradoc Stufe).
5. Oberer Quarzit.
4. Oberer Thuringithorizont mit Chamosit.
3. Dunkle untere Tonschiefer (Dachschiefer, Griffelschiefer, = Llandeilo St.),
2. Unterer Quarzit mit dem oft fehlenden unteren Thuringithorizont.
1. Graue, gelblich zerfallende Schiefer (=Tremadoc St.)

Liegendes: Phykodenschiefer des Kambriums.

Gut aufgeschlossen sind die Chamositerze und Thuringitgesteine an der Lamitzmühle im Saaltale nordwestlich von Hof und mit völlig überkippter Lagerung im Steinachtal im fränkischen Wald. Bei Gebers-

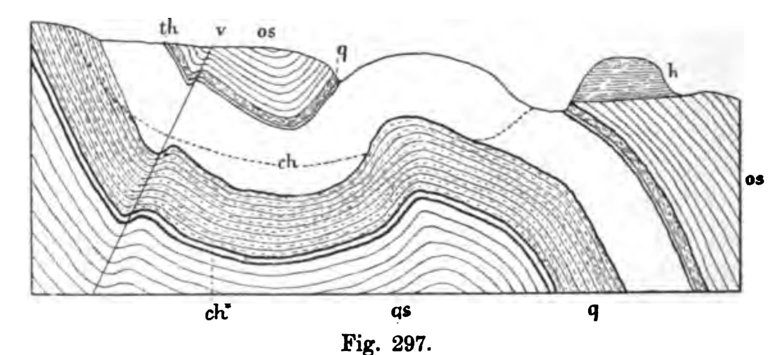


Fig. 297.
Querprofil durch das Schmiedefelder Hauptlager nach Bottenberg und E. R. Zalinski.
os obere Schiefer, *q* Quarzit, *th* Thuringit, *ch* Chamosit 13—20 m mächtig, *ch** Ch. mit großen Oolithen, 0,5—2 m mächtiges Lager, *gs* Griffelschiefer, *h* Halde, *V* Verwerfung.

reuth findet sich über den dortigen Dachschiefern ein 14 m mächtiges Thuringitlager. Am Leuchtholz unweit Hirschberg im NW. von Hof sind beide Horizonte entwickelt. Der untere unmittelbar über dem Phykodenschiefer zerfällt in obere Magnetitquarzite mit Thuringitbändern und den unteren, normalen Thuringit, der nach v. Gümbel zahlreiche Steinkerne von Orthis enthält. Nach E. Zimmermann [1]) enthalten die Hirschberger Thuringite neben Magnetit auch Granat und zwar infolge von Kontaktmetamorphose. In neuester Zeit hat namentlich das Vorkommnis von Schmiedefeld (Sachsen-Meiningen) unweit von Gräfenthal in Thüringen Bedeutung erlangt.

Über die Lagerungsverhältnisse ist folgendes zu sagen: Nach H. Loretz sind bei Schmiedefeld Kambrium und Untersilur durch Übergangsschichten miteinander verbunden durch Quarzite, ähnlich den Phykodenschiefern, und durch Griffelschiefer.

[1]) Z. d. D. G. G. 1901.

Über diesen folgen die Eisensteinlager, deren Hangendes typische Untersilurschiefer bilden. Die Lagerung des bis 20 m mächtigen, zurzeit von der Maxhütte zu Unterwellenborn bebauten Hauptlagers wird durch das Querprofil Fig. 297 veranschaulicht, das wir der Grubenverwaltung verdanken.

Die Produktion von Schmiedefeld betrug im Jahre 1899 140000 t Eisenerz.

Den mitteleuropäischen untersilurischen Eisenerzen schließen sich wegen ihrer Struktur am besten an:

3. Die oolithischen Roteisenerze des Obersilurs von Clinton.

Die Hämatite von Clinton[1]), so genannt, weil sie bei diesem Dorfe im mittleren New-York typisch entwickelt sind, gehören dem Obersilur an. Sie bilden flötzartige, sehr ausgedehnte, in den Staaten New-York, Pennsylvanien, Wisconsin, Virginien, Kentucky, Tenessee und Alabama verbreitete Einlagerungen inmitten von Tonschiefern, Sandsteinen und unreinen Kalksteinen, die vom Niagaraschiefer über- und vom Medinasandstein unterlagert werden. Anzahl, Mächtigkeit und genaue Lage der Hämatitflötze sind schwankend. Bei Clinton gibt es 3 mit einer Gesamtmächtigkeit von 1,8—3 m, wovon aber nur 0,6 m abbauwürdig sind. Bei Birmingham, Alabama, steigt die Mächtigkeit im ganzen bis 9 m an. Der Struktur nach sind die Erze zum Teil oolithisch und werden dann wohl auch Flaxseed-Erze genannt. Hierbei liegen in einem ursprünglich kalkigen Bindemittel, das aber häufig ausgelaugt ist, flachgedrückte, konzentrisch-schalige Kügelchen von Eisenoxyd mit einer Beimengung von amorpher Kieselsäure und einem Quarzkörnchen in der Mitte. Zum anderen Teil bestehen die Hämatite aus Aggregaten zahlloser Fragmente von sehr verschiedenen organischen Resten, von Bryozoen, Korallen, Crinoiden, Brachiopoden, die alle mehr oder weniger in Eisenoxyd mit beigemengter amorpher Kieselsäure umgewandelt sind und ebenfalls durch ein kalkiges Bindemittel zusammengehalten werden. In dieser Ausbildung spricht man von Fossil-Erzen. Nur selten, in größeren Tiefen, sind beide Arten von Erz kompakt, von bläulicher Farbe und nahezu von metallischem Glanz, meist vielmehr rotgefärbt

[1]) Nach C. H. Smyth, jr. *Die Hämatite von Clinton* in der Z. f. pr. G. 1894, S. 304—313 mit Angaben der älteren Literatur. E. C. Eckel. *The Clinton or Red Ores of Northern Alabama.* Bull. of the U. S. Geol. Surv. No. 285. (1906) p. 174. — E. F. Burchard. *The Clinton or Red Ores of the Birmingham Distr., Ala.* Bull. of the U. S. Geol. Surv. No. 315. (1907) p. 136—139. — Derselbe. *The Clinton Iron-Ore Deposits in Alabama.* Trans. Am. Inst. Min. Eng. No. 24. 1908. p. 997—1055. — J. J. Rutledge. *The Clinton Iron-Ore Dep. of Stone Valley, Huntingdon C., Pa.* Ebenda. p. 1056—1087. — D. H. Newland. *The Clinton Ores of New-York State.* Trans. Am. Inst. Min. Eng. No. 27. 1909. p. 265—283.

und von erdigem Aussehen, manchmal ganz locker. Beide werden nach dem Grade ihrer Veränderung durch atmosphärische Gewässer eingeteilt in „hard ores“, das sind wenig veränderte, und „soft ores“, das sind stark ausgelaugte Erze. Erstere enthalten viel, letztere wenig Kalk. Der durchschnittliche Eisengehalt hält sich zwischen 45—48 %, der Phosphorgehalt meist unter 1 %.

E. F. Burchard gibt folgende typische Analysen solcher Erze aus Alabama mit Übergängen von „hard“ zu „soft ores“.

	I	II	III	IV
Eisen	37,00 Proz.	45,70	50,44	54,70
Kieselsäure	7,14	12,76	12,10	13,70
Tonerde	3,81	4,74	6,06	5,66
Kalkerde	19,20	8,70	4,65	0,50
Mangan	0,23	0,19	0,21	0,23
Schwefel	0,08	0,08	0,07	0,08
Phosphor	0,30	0,49	0,46	0,10

Die große Bedeutung dieser Eisenerze für die Industrie der Vereinigten Staaten geht daraus hervor, daß Alabama, das seit 1894 den III. Rang unter den eisenerzeugenden Staaten einnimmt, 1907 eine Produktion von 3144011 t Clintonerz aufwies, wovon allein auf den Birmingham Distrikt mit den wichtigen Red Mountain Mines 2709934 t kamen. Burchard schätzte 1908 die Reserven von Alabama an gegenwärtig bauwürdigem Erz dieser Art auf 500 Millionen t.

Nach C. H. Smyth u. A. sind diese Hämatite ursprüngliche Ablagerungen in einem Binnenmeere, welches den Abzugswässern einer ausgedehnten Fläche von kristallinen Gesteinen als Sammelbecken diente. Eisen- und zugleich kieselsäurehaltige Gewässer ergossen sich in dieses seichte Meer, um hier die Bildung der Oolithe zu veranlassen oder den kohlensauren Kalk jener Fossilienfragmente zu substituieren, noch ehe der Absatz der hangenden Schichten begann. Eine andere Erklärung dieser roten Hämatitflötze durch eine nachträgliche Substitution von Kalksteinbänken durch eisenhaltiges Sickerwasser scheint uns von Smyth vollkommen widerlegt zu sein. Neuerdings haben auch Eckel und Burchard die Auffassung von Smyth durch ihre Untersuchung dieses Erzvorkommens in Alabama unterstützen können. Für eine syngenetische, sedimentäre Entstehung sprechen danach folgende Gründe: 1. Der Bergbau hat dem Fallen der Erzbänke folgend diese noch 600 m vom Ausstrich angetroffen, ohne daß der Charakter des Erzes sich änderte. 2. Einige Bohrungen in Alabama wiesen das Erz noch 1—1,5 km vom

Ausstrich in 120—240 m Tiefe nach, Bohrungen in New-York 15—20 km vom Ausstrich noch in 193—286 m Tiefe unter der Oberfläche. Übrigens hatte schon Smyth Brocken von Clintonerz in dem darüber lagernden Clintonkalkstein beschrieben. Dies alles spricht nicht dafür, daß Sickerwässer einen wesentlichen Anteil an dem Absatz der Eisenverbindungen im Clintonerz hatten.

Demgegenüber hat kürzlich Rutledge aus der Untersuchung dieser Erze im Stone Valley, Per., geschlossen, daß zwar die kleinen, kieseligen Eisenerzkonkretionen darin primär seien, die Hauptmasse des Eisens dagegen aus den über dem Erz folgenden Schiefern (Upper Clinton Shales) ausgelaugt worden und in die jetzigen „fossil ores" eingewandert sei, wobei es durch Verdrängung von Kalk Platz nahm.

Von gleichem Alter, wie die Clintonerze, scheinen die oolithischen Hämatite der kleinen Bell-Insel dicht bei Neu-Fundland zu sein. Sie sind in Gestalt zweier 3 und 1,8 m mächtiger Flötze flach geneigten Schiefern und Sandsteinen eingeschaltet und brechen in eigentümlich regelmäßigen, parallelepipedischen Stücken.

Die oben erwähnte Beteiligung von amorpher Kieselsäure am Aufbau von Eisenoolithen ist übrigens eine ganz allgemeine Erscheinung, wie das Untersuchungen von Ch. Bleicher[1]) ergeben haben, der Vorkommen sehr verschiedener Herkunft daraufhin prüfte.

b) Devonische Eisenerze.

1. Die Roteisensteinlagerstätten im Devon des Lahngebietes in Hessen-Nassau[1]).

Nach H. Lotz gehören die nassauischen Roteisensteinlager sämtlich dem Horizont des Goniatites tridens, also dem Grenzgebiet zwischen

[1]) Ch. Bleicher. *Sur la structure microscopique du minéral de fer Lorraine.* Compt. rend. 114, 1892, S. 590. Auch in den Bohnerzen finden sich ja solche Abscheidungen.

[1]) W. Riemann. *Beschr. d. Bergrev. Wetzlar.* Bonn 1878 u. *Das Vork. d. devon. Eisen- u. Manganerze in Nassau.* Z. f. pr. G. 1904. S. 50—57. — H. Lotz *Die Dillenburger Rot- und Magneteisenerze.* Z. d. D. G. G. 1902. LIV. Prot., S. 139—141. — E. Harbort. *Zur Frage nach der Entst. gew. Devon-Roteisenerzl.* N. Jahrb. f. Min. 1903. I. Bd. S. 179—192. Taf. 8—9. — M. Krahmann. *Über Lagerst.-Schätzungen.* Z. f. pr. G. 1904. S. 329—348. — F. Krecke. *Sind die Roteisensteinlager des nassauischen Devon primäre oder sekundäre Bildungen?* Z. f. pr. G. 1904. S. 348. — Vergl. auch G. Bischof. *Lehrb. d. chem. u. phys. Geol.* 1854. S. 1084. — Die während des Druckes eingegangene Arbeit von H. Behlen. *Die Nassauischen Roteisensteine,* Wiesbaden 1909, konnte nicht mehr berücksichtigt werden.

Mittel- und Oberdevon an. Es herrscht nämlich überall das folgende Profil:

Oberdevon	Zuoberst	Deckdiabase (können fehlen),
		Cypridinenschiefer,
		Clymenienkalk und manchen Orts
		Goniatitenkalk.
Mitteldevon		Roteisenstein,
		Schalstein und Diabasmandelstein,
	Zuunterst	Wissenbacher Schiefer.

Das untenstehende Profil Fig. 298 nach M. Krahmann erläutert diese Lagerungsverhältnisse.

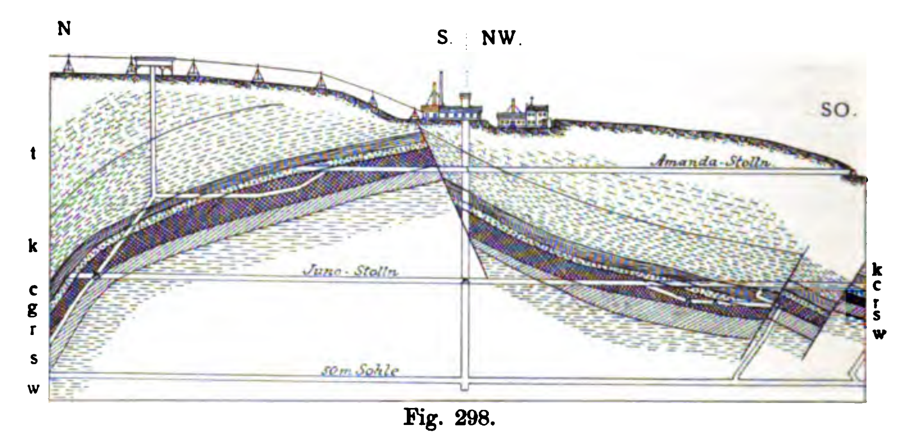


Fig. 298.

Querprofil in der Richtung NS. und mit Umbruch NW. SO. durch die Grube Amanda bei Nauborn nach M. Krahmann.

t Tonschiefer (?), *k* Kieselschiefer, *c* Cypridinenschiefer, *g* Goniatitenkalk, *r* Roteisensteinlager, *s* Schalstein, *w* Wissenbacher Schiefer.

Die danach bestehende Niveaubeständigkeit ist für E. Harbort, F. Krecke u. A. der Ausgangspunkt für die Annahme einer ursprünglichen Sedimentation der nassauischen Roteisenerze gewesen. Dieselben haben außerdem noch folgende Gründe für diese Auffassung beigebracht: 1. Der Roteisenstein umschließt Petrefakten mit wohlerhaltener Kalkschale, so z. B. nach E. Harbort das Erz von Bredelar Orthoceras mit noch kalkiger Röhre und Kammerwänden. 2. Der Roteisenstein ist nicht auf die oberen Teufen beschränkt, wie es die zuerst durch G. Bischof eingeführte Hypothese von einer Verdrängung des Kalkes durch erzhaltige Lösungen aus dem Schalstein erfordern würde, sondern kann bis mindestens 150 m Tiefe verfolgt werden. 3. Der an das Erz anstoßende Schalstein ist seiner Eisenverbindungen nicht beraubt, sondern zeigt sogar einen höheren Eisengehalt als anderwärts, in der Regel 10—20%. 4. Es ist ein Teil der Diabase jünger, als das Eisenerz, denn dieses ist

nach H. Lotz mehrorts, so z. B. bei Oberscheld im Dillenburgischen und im Revier Weilburg durch den Diabas in Magnetit verwandelt. 5. Die Eisenerze sind nicht reich an Dolomit, während der Kalkstein daneben 3—5 % Magnesia enthält.

E. Harbort denkt sich das Eisen in folgender Weise in das Meerwasser gebracht: Während der submarinen Diabaseruptionen strömten am Meeresgrund eisenchloridreiche Dämpfe aus. Durch deren Einwirkung auf das in Lösung befindliche oder suspendierte Kalziumkarbonat des Meeres entstand neben Kalziumchlorid kolloidales Eisenoxydhydrat. Dieses letztere konnte in Übereinstimmung mit Versuchen van Bemmelens und O. Ruffs bei Gegenwart der marinen Salze, bei dem herrschenden hohen Druck und wohl auch erhöhter Temperatur in Eisenoxyd übergeführt werden.

Eine weitere Klärung dieser Frage ist durch die Bearbeitung der geologischen Verhältnisse eines besonders charakteristischem Beispieles der Roteisensteinlager im Lahngebiet, derjenigen von Fachingen a. d. L. durch C. Hatzfeld[1]) herbeigeführt worden.

Die Fachinger Lager gehören danach drei größeren Lagerzügen im Übergangsniveau zwischen Mittel- und Oberdevon an, sind also niveaubeständig. Tektonisch liegen sie am westlichen Ende der mitteldevonischen Lahnmulde, deren Schichten bei Fachingen drei steil nach Südost einfallende Isoklinalmulden bilden. Es kommen so drei parallele Lagerzüge zum Ausstrich, die aber untereinander identisch sind und alle Um- und Aufbiegungen ihres Nebengesteins mitgemacht haben. Da aber diese Faltung bereits während des Oberdevons eingesetzt hat, spricht dies für syngenetische Entstehung dieser Eisenerzlager. Den zur Zeit der Ablagerung herrschenden hohen Eisengehalt des Meereswassers faßt auch C. Hatzfeld als einen Folgezustand der vorausgegangenen Diabaseruptionen auf. Darauf deute auch der Eisengehalt der unteren Cypridinenschiefer hin. Erst in der Periode des Überganges von Mittel- zu Oberdevon sei der Kalkgehalt des Meeres so hoch gestiegen, daß eine Ausfällung der Eisenverbindungen möglich war.

Auf die große wirtschaftliche Bedeutung der nassauischen Eisenerze hat M. Krahmann hingewiesen. Danach sind auf den Gruben des Lahngebietes von 1828 bis 1903 insgesamt 23 Millionen Tonnen Rot- und 18 Millionen Tonnen Brauneisenstein, in der Hauptsache sehr hochwertige Erze, gefördert worden.

2. Die Eisenerze der Gegend von Elbingerode am Harze.

Am Büchenberge im Forstrevier Gräfenhagensberg bei Elbingerode werden schon seit mehr als 500 Jahren Eisenerzlager abgebaut[2]), deren

[1]) C. Hatzfeld. *Die Roteisensteinlager bei Fachingen a. d. Lahn.* Z. f. pr. G. 1906. S. 315—364.

[2]) Wichtigste Literatur: Hauchecorne. *Die Eisenerze der Gegend von Elbingerode am Harz.* Z. f. d. B.- H.- u. S. W. im preuß. St. 16. Bd. 1868

tektonische Verhältnisse ziemlich verwickelt sind und erst durch M. Koch aufgeklärt werden konnten. Nach ihm bilden die paläozoischen Schichten am Hartenberge und Büchenberge einen Sattel, innerhalb dessen vom Hangenden zum Liegenden folgende Schichten entwickelt sind:

Grauwacken Posidonienschiefer Adinolen, Wetz- und Kieselschiefer	Kulm.
Cypridinenschiefer Clymenienkalk Jüngerer Schalstein und Diabasmandelstein	Oberdevon.
Stringocephalenkalk Keratophyr mit Zwischenlagen von Tuffen und Tentakulitenschiefern Älterer Schalstein und Diabasmandelstein	Oberes Mittel-devon.

Die Erze bestehen vorherrschend aus kalkigem und kieseligem Rot- und Brauneisenstein, zum Teil auch aus Magneteisenstein. Nur untergeordnet hat auch der Keratophyr (Orthoklasporphyr) bei seiner Zersetzung durch Anreicherung des Eisengehaltes aus dem in ihm enthaltenen Magnetit und den eisenreichen Silikaten, sowie auch aus dem Eisenkies zur Bildung von stellenweise bauwürdigen Eisensteinen Anlaß gegeben. Solche Erze mit noch frischen Keratophyrkernen stehen z. B. an der Ostseite des Gräfenhagensberger Tagebaues an. Es bauen z. T. auf solchen auch die Gruben Bunte Wormke bei Mandelholz und Oberer Stahlberg bei Neuwerk. Es sind feinkörnige bis dichte tonig-kieselige Roteisenerze mit etwas Magnetit.

Die Stringocephalenerze erreichen am Büchenberge bis 30 m Mächtigkeit und sind auf etwa 4 km streichende Länge aufgeschlossen. Sie sind hier vorzugsweise durch Tagebaue abgebaut worden, die sehr bedeutende Pingen (Blaue Pinge) hinterlassen haben. Die dortigen Betriebspunkte umfassen im ganzen sechs Reviere. Die Lagerstätten zeigen sich im allgemeinen steil aufgerichtet und fallen mit 50—70° und noch mehr nach N.

Südlich vom Büchenberge liegt eine zweite Eisenerzlagerstätte, die am Tönnichen (Tännichen) durch Tagebau und Stollnbetrieb abgebaut wird. Hier zeigen sich die Erze ganz flach beckenförmig gelagert und führen zwei Zwischenmittel von demselben Schalstein, der hier wie dort das Liegende bildet, und von Stringocephalenkalk. Die streichende

---

S. 199. — M. Koch. *Gliederung und Bau der Kulm- und Devonablagerungen des Hartenberg-Büchenberger Sattels.* Jahrb. preuß. geol. Landesanst. 16. Bd. 1895. S. 131.

Länge des Lagers am Tönnichen beträgt mehr als 1200 m. In dem Erze findet man hier besonders in den unteren Abteilungen viele erkennbare Spuren von Versteinerungen der Stringocephalenstufe.

Im einzelnen sind sowohl am Büchenberge, wie am Tönnichen die Schichten außerordentlich durch Faltung und Überschiebung gestört, was aus der Kochschen Abhandlung ersehen werden mag.

Die Eisenverbindungen für die Vererzung des Stringocephalenkalkes hat man gewöhnlich aus der Zersetzung der Schalsteine und Diabasmandelsteine hervorgegangen sich gedacht.

Im wesentlichen gestützt auf das Vorkommen von Crinoidenstielgliedern mit erhaltener Kalkschale, wie sie schon 1880 A. W. Stelzner von einer Reise nach dem Harz für die Freiberger Sammlung mitbrachte, hat E. Habert[1]) sich gegen die Möglichkeit solcher Verdrängungsprozesse gewandt und hält auch diese, wie andere Roteisenerze im Devon des Harzes zugleich mit den nassauischen für ursprüngliche Präzipitate. Auch mehrere andere devonische Roteisenerze des Harzes führen nach diesem Autor Petrefakten mit Kalkschale, so z. B. beschrieb er Aulopora serpens im Erz vom Kehrzug bei Clausthal, Stringocephalus Burtini von Buntenbock. Ebenso spricht ihm die von ihm am Tönnichen beobachtete Wechsellagerung von Roteisenerz mit Kalkbänken gegen die Verdrängungshypothese.

c) Eisensteine der Steinkohlenformation.

Fast überall, wo die Karbonformation Steinkohlenflötze enthält, pflegen darin auch Einlagerungen verschiedenartiger Eisensteine von mehr oder minder großer ökonomischer Bedeutung eingeschaltet zu sein. Als eines der bestuntersuchten Beispiele dieser Art in Europa mag das folgende gelten:

1. Die Eisenerze des Ruhrkohlenreviers.

Die Eisenerze des Ruhrkohlenbeckens[2]) sind besonders in der dortigen tiefsten Magerkohlengruppe häufig, fehlen indessen auch in

[1]) E. Habert. *Zur Frage nach der Entstehung gew. devon. Roteisenerzlagerstätten.* N. J. f. Min. 1903. I. Bd. S. 179—192. Taf. VIII u. IX.

[2]) R. Peters. *Der Spateisenstein der westfälischen Steinkohlenformation.* Z. d. V. Deutsch. Ing., I, 1857, S. 155. — Bäumler. *Über das Vorkommen der Eisensteine im Westfälischen Steinkohlengebirge.* Z. f. B.-, H.- u. S.Wesen im preuß. St., 17. Bd., 1868, S. 426. Mit 1 Tafel. — W. Runge. *Das Ruhr-Steinkohlenbecken.* Berlin 1892. S. 70—73. — *Die Entwickl. des Niederrhein.-Westfäl. Steinkohlen-Bergbaues usw. im 19. Jahrh.* Berlin 1903. I. Bd. S. 52, 54, 60, 66, 86, 96.

den oberen Flötzgruppen nicht. Bäumler unterscheidet folgende Vorkommnisse:

I. Ein Spateisensteinflötz.

Dieses ist 0,24 bis 0,48, selten bis 1,4 m mächtig, auf eine Erstreckung von mehreren Meilen verfolgt und stellenweise abgebaut worden. Es ist jedoch keine ganz durchgehende Bank, sondern besteht aus linsenförmigen Erzmitteln bis zu 1 km Ausdehnung, die durch unbauwürdige Mittel voneinander getrennt sind. Dieses Erz ist ein gelblichgrauer, körnig-kristalliner Spateisenstein ohne jede Schichtung und Schieferung mit 45,66 % Eisen (65,3 % geröstet) und kohligen Beimengungen. Das Flötz wird im Liegenden gewöhnlich durch eine bis 30 cm mächtige Kohlenbank (Kohlenpacken) begleitet, während das taube Gestein im Hangenden einige cm über dem Flötz häufig eine Lage von Sphärosideritnieren enthält. Der Horizont des Spateisensteinflötzes liegt 80—100 m unterhalb des Mausegatt genannten Leitflötzes der mageren Flötzetage. Der Spateisenstein macht natürlich alle Sättel und Mulden, sowie Verwerfungen der Flötzgruppe mit. Der jetzt auflässige Abbau wurde seiner Zeit besonders von der Eisensteinzeche Müsen bei Striepel betrieben.

II. Kohleneisensteinflötze.

Diese begleiten die Steinkohlenflötze vorzüglich des untersten Flötzhorizonts teils im Liegenden oder Hangenden, teils als Bergemittel, teils endlich vertreten sie dieselben ganz. Dieses an Kohle sehr reiche Toneisenerz enthält bis zu 39 % Eisen (geröstet bis zu 60 %). In den 50er und 60er Jahren sind sehr bedeutende Mengen dieses auch als Blackband bezeichneten Erzes gewonnen worden. Gegen 14 verschiedene Flötze bis über 1 m Mächtigkeit haben schmelzwürdige Erze geliefert. Diese Erze werden stellenweise so ungewöhnlich phosphorreich, daß sie zur Darstellung von Superphosphaten gedient haben. Im Eisenstein der Zeche Eisenstein zwischen den Flötzen Girondelle I und II sollen nach Bäumler Unionen vorgekommen sein.

III. Sphärosiderite.

Sphärosideritnieren mit einem Eisengehalt bis zu 45 % kommen innerhalb der Schiefertone und Kohlenflötze besonders des unteren Niveaus nicht selten vor, schließen sich zuweilen auch zu ausgedehnten Lagern von Toneisenstein zusammen.

Die Produktion von Eisenerzen im Ruhrkohlengebiet erreichte im Jahre 1890 nach Bäumler 167 609 t. Zurzeit ruht sie ganz.

2. Karbonische Eisenerze in Oberschlesien und Sachsen.

Auch das oberschlesische Kohlenrevier enthält abbauwürdige Eisensteine [1]). Besonders häufig sind Sphärosiderite innerhalb der Schiefertone, selten, wie in der Oberbank des Saara Grubenflötzes und in Czernitz sind auch Kohleneisensteinflötze zur Entwicklung gelangt. Die Sphärosiderite sind in großen, linsenförmigen und knolligen Massen abgelagert, die sich auf wenige Meter im Streichen erstrecken können. Fig. 299 gibt ein Bild von diesem Vorkommen.

Die Hauptförderung hatte in den 60er Jahren statt bei Antonienhütte, Friedenshütte und Ruda, bei Zalenže, bei Janow, Oržesze, Dubensko und Ornontowitz.

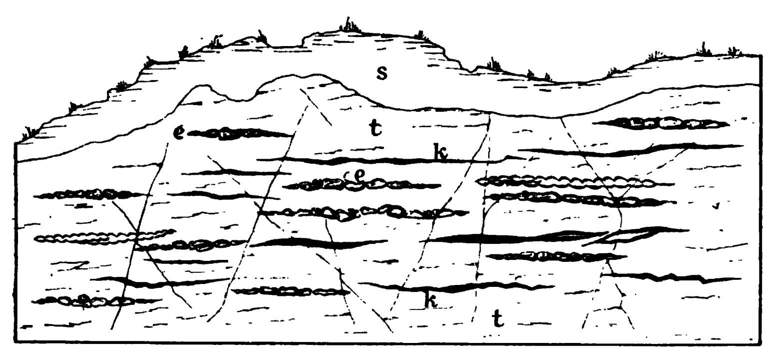


Fig. 299.

Profil durch den karbonischen Schieferton bei Janow nach F. Römer.
s Sand, *t* Schieferton, *e* Sphärosideritlinsen, *k* Kohlenschmitzen und verkohlte Sigillarienstämme.

An manchen Punkten, wie bei Zalenže, hat man beobachtet, daß die Sphärosiderite vorzugsweise über den flachen Einsenkungen der Steinkohlenflötze sich finden.

Im Jahre 1900 wurden in Oberschlesien 7147 t karbonische Eisenerze gefördert, 1907: 4196 t.

In Sachsen sind im Zwickauer Revier [2]) zeitweilig neben den Steinkohlen Sphärosiderite und Kohleneisensteine gefördert worden. Erstere traten namentlich reichlich in der Region des Rußkohlenflötzes und Segen Gottes-Flötzes (unterer Flötzzug) innerhalb der Schiefertone auf. Kohleneisenstein bildete z. B. in der unteren Flötzabteilung im

[1]) F. Römer. *Geologie von Oberschlesien.* 1870. Anhang von W. Runge. S. 533 u. 534.

[2]) H. Mietzsch. *Erläuterungen zu Sektion Zwickau der geol. Spez.-K.* 1877. S. 11.

Bahnhofschachte bei Zwickau ein 0,2 m mächtiges Lager, das Adern von Zinkblende enthielt, übrigens aber nur geringe Ausdehnung besaß.

Auf Klüften des Sphärosiderites zwischen dem dritten und vierten Flötz des Hilfe Gottes-Schachtes bei Zwickau wurde neben Zinkblende und Eisenkies auch der seltene Whewellit gefunden.

Beim Steinkohlenwerke Kästner & Comp. in Reinsdorf bei Zwickau hat man neuerdings[1]) unter dem Rußkohlenflötz ein bis 0,8 m mächtiges Spateisensteinlager nachgewiesen.

Auch die österreichischen Ostalpen bergen in der Steinkohlenformation Spat- und Brauneisensteinlager, so bei Turrach im SW. von Murau, wo 1898 5 327,3 t Brauneisenerz gefördert wurden. Die syngenetische Stellung dieser Vorkommen dürfte noch nicht erwiesen sein.

3. Karbonische Eisenerze in Großbritannien.

Großbritannien ist reich an derartigen Vorkommnissen.

In Süd-Wales werden nach H. Louis[2]) die meisten Eisensteine in der Abteilung der produktiven Steinkohlenformation angetroffen. Manche der dortigen zahlreichen Kohleneisensteinflötze scheinen durch das ganze Becken hin verbreitet zu sein, wie z. B. das Three-Quarter Balls Flötz. Die Hauptbetriebe auf Eisenstein befinden sich bei Ebb Vale, Blaenafon, Pontypool, Abercarn und Dowlais. Die Erze enthalten 21—38 % Eisen. Die Produktion von ganz Süd-Wales betrug im Jahre 1880 an 170 000 t.

Ein zweites wichtiges Verbreitungsgebiet liegt in Schottland. Die dortigen, „Blackband“ genannten, seit 1805 ausgebeuteten Kohleneisensteinflötze kommen nach H. Louis sowohl in der oberen, wie der unteren Abteilung der Steinkohlenformation vor. Die obere Abteilung enthält 7 Flötze, unter denen das Slatyband die größte Mächtigkeit bis 0,9 m erreicht; die untere umschließt drei Flötze von 0,3 m Mächtigkeit. Diese Erze enthalten so reichliche kohlige Substanz, daß sie ohne Feuerung in Stadeln brennen und ein Material von 50—70 % Eisengehalt hinterlassen. Außerdem kommen Toneisensteine vor, so besonders bei Banton und Denny. Im Jahre 1881 wurden in Schottland 1 402 700 t Blackbanderze und 1 192 675 t Toneisensteine gefördert. 1894 aber war die Gesamtausbeute schon auf 631 304 t zurückgegangen.

---

[1]) Jahrb. f. B. u. H. in Sachsen, 1899, S. 141.

[2]) Phillips-Louis. *Ore Deposits.* 1896. p. 285 and 323.

d) Permische Sphärosiderite.

In den Akanthodes-Schiefern der Lebacher Schichten des Unterrotliegenden von Saarbrücken finden sich zahlreiche, flachellipsoidische Toneisensteinkonkretionen, die oft organische Reste, z. B. solche von Archegosaurus und Walchia, umschließen. Sie werden „Knopfstriche" genannt.

Bei Goldlauter unweit von Suhl in Thüringen führen die ebenfalls dem Rotliegenden angehörigen dunklen Schiefertone solche Sphärosideritkonkretionen, die von abwechselnd an Braunspat, Arsenkies und Schwefelkies reichen Schieferschalen umhüllt werden und häufig im Innern Kupferkies, Fahlerz und gediegen Silber einschließen [1]).

e) Rein sedimentäre Eisensteine der Juraformation.

1. Liasische Eisenerze.

Deutschland besitzt in sehr verschiedenen Horizonten der Juraformation Eisensteinflötze [2]). Dem Lias sind u. a. eingeschaltet 4 Lager von feinoolithischem, meist mulmigem Brauneisenstein in einer Gesamtmächtigkeit von 4 m beim Dorfe Bündheim unweit von Harzburg (Zone des Amm. Bucklandi). Die Erze der dortigen Grube Friederike hatten einen Durchschnittsgehalt von 44 % Eisen. Ebenfalls liasisch (Zone des Amm. Jamesoni und Amm. ibex) sind die Eisensteinflötze von Willershausen, Calefeld und Oldershausen in Hannover.

In England gehören dem mittleren Lias die Eisenerze des Clevelanddistriktes an. Das Hauptflötz ist über eine Fläche von 350 engl. Quadratmeilen verbeitet und auf über ein Fünftel dieser Erstreckung abbauwürdig [3]). Diese Erze enthalten im Durchschnitt 30 % Eisen und 1,5 % Phosphorsäure.

2. Eisenerze des Doggers.

Viel verbreiteter sind Eisenerze in der mittleren Abteilung der Juraformation, im Dogger. Wir geben zunächst eine Skizze des bedeutenden Vorkommnisses der sogenannten Minette.

---

[1]) B. v. Cotta. *Erzlagerstätten II.* 1861. S. 72.

[2]) J. Haniel. *Über das Auftreten und die Verbreitung des Eisensteins in den Jura-Ablagerungen Deutschlands.* Mit vollst. Literatur. Z. d. D. G. G., 26. Bd., 1874, S. 59—118.

[3]) J. D. Kendall. *The Iron Ores of Great Britain.* 1893. Zit. nach Phillips-Louis. *Ore Deposits,* p. 44.

α) Die oolithischen Eisenerze, sog. Minetten, in Luxemburg und Lothringen [1]).

Die Minettelager gehören sämtlich den Schichten des Harpoceras Murchisonae und des Harpoceras opalinum, also dem unteren Dogger an. Das beistehende Profil (Fig. 300), nach W. Branco, gibt die eingehendere Gliederung des Minette-Horizontes wieder.

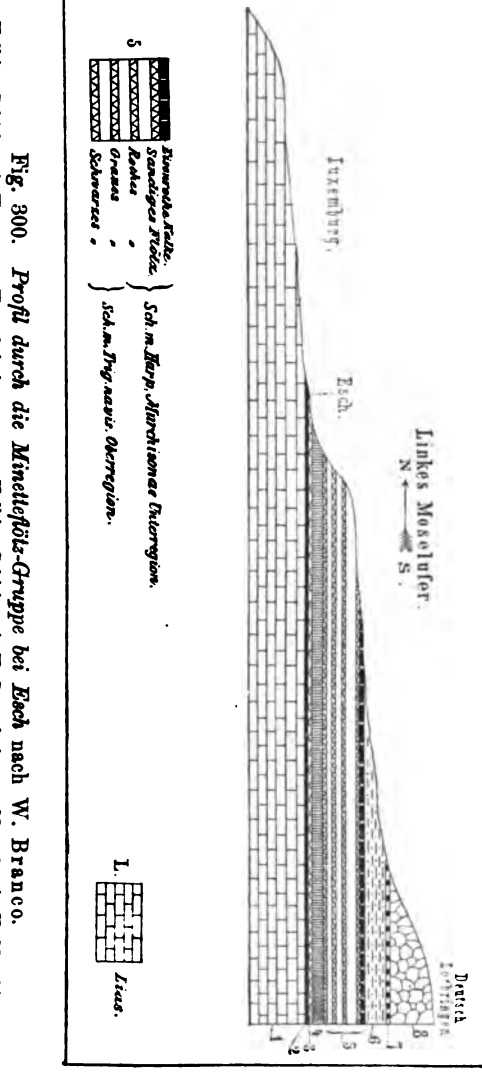



Fig. 300. *Profil durch die Minetteflötz-Gruppe bei Esch* nach W. Branco.

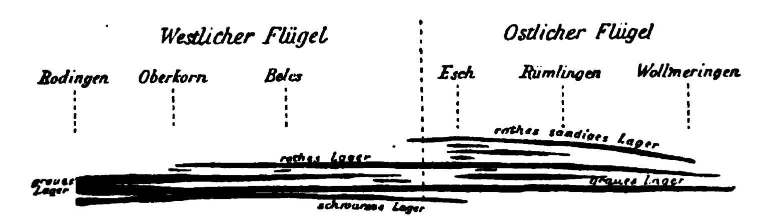
8 Kalkige Schicht mit Harpoceras Humphriesianum. — 7 Kalkige Schicht mit H. Sowerbyi. — 6 Mergel mit H. Murchisonae. — 5 Die Minetteflötz-Gruppe (siehe Legende). — 4 Sandstein mit Trigonia navis. — 2—3 Obere und untere Tone mit Harpoceras striatulum. — 1 Lias (glimmerreiche Mergel).

Die Minetteflötze sind hauptsächlich in dem Grenzgebiet zwischen Luxemburg, Deutsch-Lothringen und Französisch-Lothringen verbreitet, in einem 100 km langen und 18 km breiten Landstrich westlich der Mosel, wovon 60 km Länge und 12 km Breite zu Deutschland gehören. Die wichtigsten Betriebspunkte sind in Luxemburg Beles, Esch und Rümlingen, in

[1]) E. Giesler. *Das oolithische Eisensteinvorkommen in Deutsch-Lothringen.* Mit 2 Taf. Z. f. B.-, H.- u. S. Wesen im preuß. St., 23. Bd., 1875, S. 9—41. — W. Branco. *Der untere Dogger Deutsch-Lothringens.* Mit 10 Taf. Straßburg 1879. — L. van Werveke in Erläut. zur geol. Übersichtskarte des westl. Deutsch-Lothringen. Straßburg 1887. S. 83—99. — L. Hoffmann. *Die oolith. Eisenerze in Deutsch-Lothringen* in „Stahl und Eisen“ 1896, Nr. 23 u. 24. — Schrödter in Z. f. pr. G. 1897, S. 296. — F. Greven. *Das Vork. der oolith. Eisenerze im südlichen Deutsch-Lothringen* in „Stahl und Eisen“ 1898, Nr. 1. — W. Kohlmann.

Deutsch-Lothringen Öttingen, Tillots, Neufchef, Hayingen, Moyeuvre, Roßlingen, Maringen, Vaux, Chabonnière, Varraines, Novéant und Arry, in Frankreich liegen die Hauptbetriebe bei Longwy und bei Briey.

Das plateauartige Gebiet wird von langgestreckten, von N. nach S. verlaufenden Terrainstufen durchzogen, die zu unterst sanft abgeböschte, liasische Mergel erkennen lassen, zu oberst steil abfallende, oolithische Kalksteine des Doggers. An der Grenze der sanften Böschung und des Steilhanges pflegen die Ausstriche der Minette-Flötze zu liegen. Im Gebiet von Luxemburg werden diese durch das Tal der Alzette in zwei flache Becken oder Flügel geteilt. Die einzelnen Flötze gehen nicht immer durch beide Flügel gleichmäßig durch, sind vielmehr nach folgendem Schema entwickelt (nach van Werveke), das in ähnlicher Weise auch für andere Gebiete gilt (Fig. 301).



Maasstab der Länge 1 : 25000, der Höhe 1 : 5000

Fig. 301.
Schema der Entwicklung der Minetteflötse nach Van Werveke.

In Deutsch-Lothringen werden von unten nach oben folgende Lager unterschieden:

Das schwarze Lager, das ausgedehnteste, aber wegen der kieseligen Beschaffenheit nur als Zuschlag zu kalkreichen Erzen abgebaut, 1,2—3,9 m mächtig;

das braune, ebenfalls kieselige Lager, nur durch ein schwaches mergeliges Zwischenmittel vom vorigen getrennt, 0—4 m mächtig;

das graue Lager, wegen seiner ziemlich konstanten Mächtigkeit von 5—6 m und günstigen Beschaffenheit das wichtigste; wird vom gelben Lager begleitet; führt Gryphæa ferruginea, Amm. radians u. a.;

das rotkalkige Lager, bis 8 m mächtig, in Luxemburg das wertvollste, in Deutsch-Lothringen nur selten bauwürdig; in seinem Liegenden beginnt Amm. Murchisonæ und Pholadomya reticulata;

Die Minetteformation nördlich der Fentsch in „Stahl und Eisen", Juli 1898. (Ref. Z. f. pr. G. 1898, S. 363.) — Übersichtskarte der Eisenerzfelder des westlichen Deutsch-Lothringen. 1 : 80000. III. Aufl. Straßburg 1899. — H. Ansel. *Die oolithische Eisenerzformation Deutsch-Lothringens.* Z. f. pr. G. 1901, S. 81—94. — L. van Werveke. *Über die Zusammensetzung und Entstehung der Minetten.* Ref. Z. f. pr. G. 1901, S. 396—403.

das rotsandige Lager, das allermächtigste, bis 13 m, aber mit starker Beimischung von Quarzkörnern.

Nachstehende Tabelle von H. Ansel gibt eine Übersicht über die durchschnittliche chemische Zusammensetzung der einzelnen Lager in Hinsicht auf die für die Technik wichtigsten Elemente und Verbindungen:

Lager	Fe	Ca O	SiO_2	Al_2O_3	P_2O_5	MgO
Schwarzes . . .	30	6	24,5	10	1,4	1,5
Braunes	34,3	8,6	16,6	6,5	—	2
Graues	39	8	7,5	6	1,7	1,6
Gelbes	36	12,3	8,5	3	1,3	1,4
Rotkalkiges . . .	40	9,5	7,5	5	1,8	1,2
Rotsandiges . . .	31	5,3	33,6	4,2	1,6	9,5

Die lothringischen Minetten bestehen aus meist unter $^1/_4$ mm messenden, oberflächlich geglättet erscheinenden Oolithen von wesentlich Eisenoxydhydrat, welche durch ein gewöhnlich kalkreiches, seltener toniges oder durch größeres Vorwalten der eingestreuten Quarzkörnchen mehr kieseliges Zement verbunden sind. Im Dünnschliff zeigen die Oolithe sehr deutlich einen konzentrisch-schaligen Aufbau um ein Zentrum, manchmal auch um zwei herum. Als Zentren konnten nur ganz selten organische Reste erkannt werden und zwar solche von Echinodermen, wie Crinoidenstielglieder, auch kleine Gasteropoden. Dagegen fanden sich zuweilen im Innern Schuppen von grünen Eisensilikaten, und ein in den Limonitoolithen eingeschlossenes, mikroskopisch feines Quarzskelett deutet auf die früher noch mehr verbreitete Anwesenheit solcher Eisensilikate hin. Häufiger finden sich Blättchen eines Chamosit ähnelnden Minerales im Zement der Erze. In manchen Lagern ist Eisenspat in beträchtlicher Menge zugegen, besonders in den tiefsten, hier bis zu 60 %. Auch etwas Pyrit ist zuweilen eingestreut, am häufigsten im schwarzen Lager. In manchen Minetten sind sowohl das grüne Mineral des Zementes, als auch das Brauneisenerz der Oolithe durch Magnetit vertreten.

So fanden wir in der Minette des grauen Lagers von Öttingen Partien, die ein körnig-kristallines Aggregat von Eisenspat darstellen, worin aber der letztere teilweise durch sichtlich später auskristallisierten Magnetit ersetzt worden ist. Andere Belegstücke, die durch ihre dunkelgrünlichgraue Färbung auffielen, erwiesen sich ebenfalls sehr reich an Magnetit, der vorwiegend den Platz der ellipsoidischen Oolithe eingenommen hat. Man erkennt noch ganz deutlich auch im Magnetit den konzentrisch-schaligen Aufbau der Oolithe. Die Grundmasse besteht bei dieser Abänderung wesentlich aus einem grünen, eisenreichen Silikat, vermutlich aus Chamosit. Auch einzelne Oolithe zeigen noch einen Aufbau von Eisenspat oder von diesem grünen Silikat.

Nicht selten enthalten die Erze größere Petrefakten, die in Kalkspat umgewandelt sind, zuweilen auch verkohlte Holzreste.

Die Lagerung des die Erze umschließenden Doggers ist eine sanft nach W. geneigte. Für den Grubenbetrieb von größter Bedeutung sind zahlreiche Verwerfungen, die meist nach NO. streichen, z. B. der Sprung von Deutsch-Oth mit 120 m Sprunghöhe und der auf 85 km Länge bekannte Sprung von Gorze-Metz.

Eine wertvolle Übersicht über den Stand der Frage nach der Genesis der Minetten findet man bei L. van Werveke (1901). Danach stimmen die meisten Autoren darin überein, daß die oolithischen Eisenerze Lothringens auf dem Boden eines seichten Küstenmeeres abgesetzt worden sind. „Das Eisen wurde vom Festlande her dem Meere durch Bäche und Flüsse zugeführt und schlug sich in sehr verschiedener Form nieder, ähnlich dem Glaukonit als Silikat, ferner als Karbonat, als Sulfid und als Oxydoxydul, in den oberen Lagen möglicherweise auch als Oxydhydrat“ (L. van Werveke). Das Bindemittel stellt teilweise ein mechanisches Sediment dar.

Minder begründet erscheint die Hypothese Villains, wonach die Eisen haltenden Lösungen dem Meere direkt durch Thermalquellen, die am Grunde desselben aus Spalten ausbrachen, zugeführt worden seien. Wenigstens für Deutsch-Lothringen scheint die Wirksamkeit solcher „failles nourricières“ nicht erwiesen werden zu können.

G. Linck[1]), dessen experimentelle Bemühungen die Frage der Entstehung zunächst der oolithischen Kalksteine sehr gefördert haben, ist trotzdem geneigt, die oolithischen Eisensteine für sekundäre Bildungen zu halten. Der ursprüngliche Aragonit der Sphärolithe sei durch Einwirkung eisenhaltiger Lösungen zunächst durch Eisenkarbonat ersetzt, dieses sodann in Brauneisenerz übergeführt worden. Aragonitsphärolithe entstehen nach ihm bei Ausfällung des $CaSO_4$ des Meerwassers durch Na_2CO_3 und $(NH_4)HCO_3$, die bei der Verwesung von Tierleibern sich bilden.

Die Produktion an Minette-Erzen betrug im Jahre 1900 nach Kohlmann[2]) in Deutsch-Lothringen 7742315 t, in Luxemburg 5995408 t, in Frankreich 4392000 t. Dem Tonnenwerte nach stehen allerdings diese Erze sehr tief. Der noch gewinnbare Erzvorrat ist sehr bedeutend. Für den deutschen Anteil beträgt er nach zuverlässigen Schätzungen etwa 2000 Millionen t.

[1]) G. Linck. *Die Bildung der Oolithe und Rogensteine.* N. J. f. Min. Beil. Bd. XVI, 1903, S. 495—513.

[2]) B. u. H. Z., 1902, S. 325.

β) Die Eisenerze im Dogger Württembergs, Oberschlesiens, der Schweiz und Englands.

In Württemberg sind in dem braunen Jura *β* in der Zone des Amm. Murchisonae (Personatensandstein) besonders in der Gegend von Wasseralfingen und Aalen Eisenerzflötze zur Ablagerung gelangt.

Als Normalprofil geben wir nach R. Fluhr[1]) in Fig. 302 das Bild eines Schnittes durch den braunen Jura bei Wasseralfingen. Die Anzahl

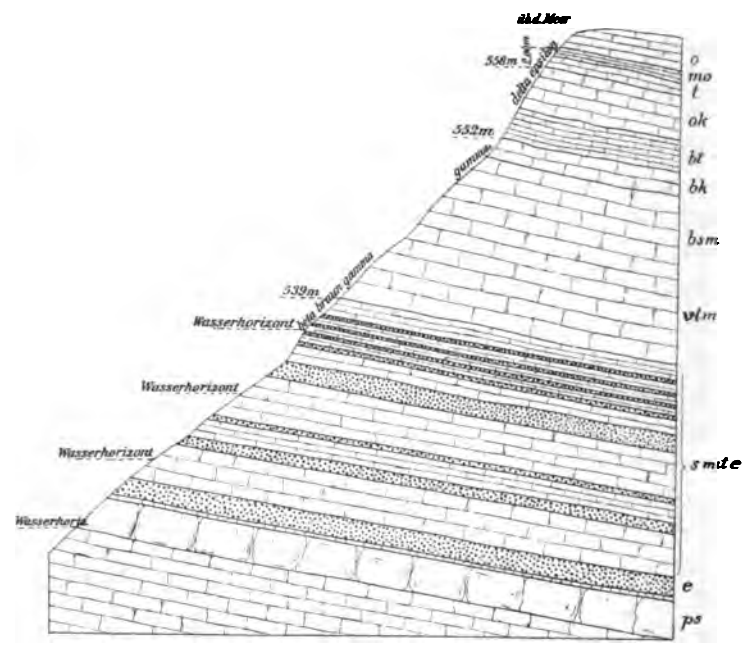


Fig. 302.

o Ornatenton, *mo* Macrocephalusoolith, *t* Ton, *ok* Ostreenkalke, *bt* bräunliche und dunkle Tone, *bk* blaue Kalke, *bsm* Brauner Sandmergel, *vtm* violettbrauner Tonmergel, *s* mit *e* Sandstein und Sandschiefer mit Erzflötzen, *ps* Personatensandstein.

der Flötze ist an den einzelnen Aufschlußpunkten verschieden. Meist jedoch sind zwei Hauptflötze und 3—6 kleinere Flötze vorhanden. Das obere Hauptflötz ist 1,4, das untere 1,7 m mächtig.

Die Erze sind oolithische Rot- und Brauneisensteine. Über ihre Zusammensetzung geben die folgenden 3 Stufferzanalysen (Wasseralfingen) nach R. Fluhr Auskunft:

[1]) R. Fluhr. *Die Eisenerzlagerstätten Württembergs und ihre volkswirtschaftliche Bedeutung.* Z. f. pr. G., 1908, S. 1—23.

Eisenoxyd	55,00	53,71	53,57
Eisenoxydul	1,56	0,43	2,88
Manganoxyd	0,34	0,43	0,53
Kieselsäure	28,34	29,90	26,31
Tonerde	4,81	5,82	6,12
Baryumsulfat	0,15	0,10	—
Kalkerde	1,72	1,01	1,84
Magnesia	1,20	0,90	1,32
Wasser	4,01	4,91	4,12
Kohlensäure	2,13	1,80	2,71
Organische Substanz	0,21	0,43	0,29
Phosphorsäure	0,46	0,55	0,71
Phosphor	0,20	0,23	0,30
Met. Eisen	28,91	37,90	39,77

Die Erze umschließen nicht selten Petrefakten, namentlich Amm. Murchisonae, Avicula elegans und laevigata, Venulites Aalensis, Pecten demissus. Die Produktion ist jetzt unbedeutend. Zur besten Zeit wurden 16—18000 t Erz p. Jahr gefördert, jetzt nur 9—10000 t.

Auch der Dogger in Oberschlesien umschließt in der Zone des Ammonites Parkinsoni nach F. Römer[1]) Eisenerze. Bei Bodzanowitz, Wichrow und Sternalitz im SO. von Landsberg werden seit langer Zeit für die Hütten in Malapane ein oberes, sandiges und ein unteres, reineres Flötz von Sphärosiderit abgebaut. Auch bei Kostrzyn und Przystayn in Polen, sowie bei Stara Kuznica geht auf ähnlichen Vorkommnissen Bergbau um.

Im schweizerischen Jura finden sich nach C. Schmidt (Basel)[2]) in zwei Horizonten oolithische eisenschüssige Kalke: im unteren Dogger innerhalb der Mergel und Kalke der das Hangende der Opalinustone bildenden Murchisonaeschichten, wie z. B. bei Undervelier und bei Les Rangiers im Berner Jura, und im oberen Dogger (Callovien), wie im aargauischen Fricktal, bei Wölfliswil, Ueken und Bötzen.

In den Eisengruben der Kleinen Windgälle im Kanton Uri sieht man oolithische Eisenerze des Doggers in dynamometamorpher Ausbildung: die Hämatitkonkretionen sind zu flachen Linsen zusammengedrückt, und zugleich haben sich Eisensilikate und Magnetitkriställchen gebildet[3]).

---

[1]) F. Römer. *Geologie von Oberschlesien.* 1870, S. 210.

[2]) Im Handwörterbuch der Schweizer. Volkswirtschaft usw. III. Bd., Bern 1907, S. 117. — E. Baumberger. *Die Eisenerze im Schweizerjura.* Mitt. Naturf. Ges. Bern 1907.

[3]) A. Heim. *Mechanismus der Gebirgsbildung.* I, S. 62, II, S. 98.

In England gehören zum unteren Dogger die eine sehr große Fläche bedeckenden oolithischen Eisensteine von Northamptonshire, deren Stellung sich z. B. aus dem folgenden Profil der Gruben bei Isham und Slipton ergibt: Zuoberst das Bathonien des mittleren D. mit einer Austernbank. Darunter lockere, gelbliche Sande, teilweise verkittet zu großen Sandsteinklumpen, und gutgeschichtete, weiße Sande der Lower Estuarine Beds. Zuunterst das 2—4 m mächtige Flötz von oolithischem Brauneisenerz (35—42 % Fe), das stellenweise Kalkschalen von Muscheln umschließt. Im unzersetzten Zustand bestehen die Oolithe aus einem grüngrauen, chamositähnlichen Mineral, so bei Thrapston (Gehalt der Erze an Al_2O_3 5—7 %).

3. Die jurassischen Eisenerze im Wesergebirge bei Minden.

Östlich der Porta Westfalica am Nordabhange des Wesergebirges werden nach Th. Wiese[1]) durch mehrere Gruben oolithische Roteisensteine abgebaut, die dem oberen Oxford angehören. Das die Flötze enthaltende Gebirge, dessen Schichten ziemlich gleichmäßig unter gegen 20° nach NNO. geneigt sind, besteht nach dem Genannten von oben nach unten aus folgenden Schichten:

Oberer Oxford	Oolithischer blauer Kalkstein	17 m
	Das Wohlverwahrt-Flötz von oolithischem Roteisenstein mit 39 % Eisen im Mittel	2,5 m
	Oolithischer blauer Kalkstein mit dem Joseph-Flötz (1 m) und Viktoria-Flötz (1,2 m), zusammen	50 m
	Das Nammer Klippenflötz, über 3 m mit 23 % Eisen im Mittel	2,5—4 m
	Oolithischer blauer Kalkstein	3,5 m
Unterer Oxford und Kelloway	Fester, sandig-toniger Kalkstein	15 m
	Grauschwarzer Mergelschiefer	30 m
	Das Wittekind-Flötz von kalkig-mergeligem Eisenoolith mit 30 % Eisen im Mittel	1,2 m
	Makrocephalen-Sandstein	11,5 m

Noch bemerkenswert ist, daß auf der Grube Porta I das hier 90 cm mächtige Wittekind-Flötz als Hangendes ein bis 2 cm[2]) mächtiges Band von Schwefelkies hat, worüber nochmals eine Eisensteinlage von 20 cm Dicke folgt, und daß aus den diluvialen Schottermassen am Südabhange des Wesergebirges bedeutende Mengen von Eisensteinnieren gefördert worden sind. 1907 lieferten die Gruben an der Porta 168272 t.

---

[1]) Th. Wiese. *Die nutzbaren Eisensteinlagerstätten usw. bei Minden.* Z. f. pr. G., 1903, S. 217—231. Mit Literaturang. Auch als Diss. Gießen 1903.

[2]) Im Original als Druckfehler 2 m.

4. Die Eisenerze im schweizerischen Malm.

Am Gonzen bei Sargans umschließt der weiße Jura ein bis 5 m mächtiges Flötz, das nach den Untersuchungen von C. Schmidt (Basel) a. a. O. S. 119 aus verschiedenen Eisenerzen besteht. Es hat in Grube I die Zusammensetzung:

Hämatit	54,95 Proz.
Magnetit	19 „
Brauneisenerz . .	15,27 „
Quarz	4,97 „
Kaolin	5,44 „

In Grube II dagegen:

Magnetit	59,33 „
Eisenspat	28,36 „
Brauneisenerz . .	3,52 „
Pyrit	0,23 „
Quarz	1,32 „
Kaolin	6,85 „

Im Hangenden des Flötzes von Grube II kennt man Manganerze und zwar Hausmannit und Manganspat. Alle Eisenerze am Gonzen haben derbe Struktur.

Nach A. Heim[1]) ist das gewöhnlich nur 1—2 m mächtige und blos auf 2 bis 4 qkm verbreitete Flötz dem Hochgebirgskalk des mittleren Malm und somit einer typischen Tiefseebildung eingeschaltet. Mit seinen Nachbarschichten bildet es die von dem genannten Forscher ermittelte Gipfelfalte des Gonzen.

Dagegen sind dem unteren weißen Jura der mittleren und westlichen Kalkalpen der Schweiz oolithische Eisenerze zwischengeschaltet: an der Erzeck und den Planplatten nördlich vom Gental in Unterwalden und bei Chamoson im Wallis. Die Hauptmasse dieser Erze besteht aus Chamosit, dem Magnetitkörnchen beigemengt sind. Das Bindemittel der Chamositoolithe bildet ein Gemenge von Kalk, Eisenspat und Brauneisenerz. Auch klastische Quarze sind zugegen (C. Schmidt).

f) Die eozänen Eisenoolithe von Kressenberg und Sonthofen.

In den Nummulitensandsteinen von Kressenberg und Sonthofen[2]) in Oberbayern sind 3 Flötzgruppen von oolithischen Brauneisenerzen eingeschaltet, die mit den anderen Schichten steil aufgerichtet und vielfach von Verwerfungen durchsetzt sind. Der dortige Bergmann nennt diese Flötze, von denen das Hauptflötz bis zu 2 m Mächtigkeit anwächst, Gänge. Das Erz enthält neben Glaukonit viele Quarzkörnchen und geht allmählich in eisenschüssigen Sandstein über. Auch findet

---

[1]) A. Heim. *Über das Eisenerz am Gonzen, sein Alter und seine Lagerung.* Vierteljahrschr. Naturf. Ges. Zürich, XLV, 1900, Nr. 11.

[2]) C. W. Gümbel. *Geogn. Beschr. des bayerischen Alpengebirges.* 1861, S. 647. — O. M. Reis. *Zur Geologie der Eisenoolithe führenden Eocänschichten am Kressenberge in Bayern.* Mit 2 Profiltafeln. Geogn. Jahresh., München, X. Jahrg., 1897.

man in den Flötzen öfters Versteinerungen, besonders Conoclypeus conoïdeus Ag., dessen Gehäuse ganz von dem oolithischen Brauneisenerz erfüllt ist. Das schmelzwürdige Erz von Kressenberg hält rund 50% Eisenoxyd.

Das Kressenberger Vorkommen bildet nur ein Glied in der Kette solcher Lagerstätten innerhalb dieses Horizontes, die sich vom Mattsee nördlich von Salzburg über Kressenberg, Neubeuern am Inn, Tölz an der Isar und Sonthofen im Allgäu bis Dornbirn im Rheintal südlich von Bregenz verfolgen läßt.

In der Schweiz enthalten dieselben Nummulitenschichten nur am südlichen Ufer des Lowerzer Sees gegenüber der Insel Schwanau Nester und Stöcke von oolithischem Toneisenstein, der nur etwa 30% Eisenoxyd aufweist. (C. Schmidt [Basel]).

g) Die Bohnerze.

Eine eigenartige Stellung unter den sedimentären Eisenerzlagerstätten nehmen die Bohnerze ein. Sie sind nämlich nicht, wie fast alle anderen schichtigen Vorkommen dieses Abschnittes, auf die eigentliche Erdoberfläche zur Zeit ihrer Bildung beschränkt geblieben, sondern haben auch von oben her Hohlräume im festen Felsuntergrund ausgefüllt. Als Hohlraumfüllungen hatten wir sie daher in den früheren Auflagen dieses Werkes den epigenetischen Erzstöcken angegliedert. In unserem rein entwicklungsgeschichtlich durchgeführten jetzigen System kann ihr Platz nicht mehr zweifelhaft sein. Sie gehören, wenn sie auch zum Teil Höhlen füllen, zu den übrigen Eisenerzen, die wesentlich Präzipitate an der Erdoberfläche sind.

In der Hauptsache besteht der wirtschaftlich wertvollste Teil der als Bohnerz zusammengefaßten Gebilde aus Brauneisenerzkonkretionen von konzentrisch-schaligem Aufbau. Diese Knollen liegen in einem mehr oder minder eisenschüssigen, oft sandigen oder kalkhaltigen Ton von brauner oder braunroter Färbung, der in seinen roten Abarten auch als Bolus, in den mehr sandigen Mischungen als Huppererde bezeichnet zu werden pflegt. Diese Ablagerungen sind das Ergebnis verschiedener geologischer Vorgänge. Zum Teil werden sie als eluviale Gebilde aufgefaßt werden können: das heißt, sie entstehen als Rückstände bei der akkumulativen Verwitterung und Auslaugung schwach eisenhaltiger Kalksteine und Dolomite. Sie haben in dieser Beziehung viele Analogien mit der Terra Rossa in den Einsenkungen und im Grunde der Dollinen oder Einsturztrichter der Karstländer. Das rote

Bindemittel mancher Bohnerze kann direkt als Terra Rossa bezeichnet werden. Da diese wesentlich auf chemischem Wege erfolgenden Zerstörungsprozesse hauptsächlich während der Tertiärperiode und namentlich während der Eozänzeit stattfanden, als in Mitteleuropa ein tropisches Klima herrschte, wie schon die weiter unten zu erwähnenden Tierreste in den Bohnerzen beweisen, darf man diese übrigens auch mit dem Laterit unseres Tropengürtels vergleichen. Hiermit stimmt gut zusammen, daß die Bohnerze vielfach auch mit Beauxitablagerungen verbunden sind und in solche geradezu übergehen können. Aber, wie gesagt, nur zum Teil sind sie rein eluviale Gebilde. Ihre Bestandteile haben oft auch einen Transport erlitten. Das feinere Material namentlich ist herzugeschwemmt. Auch die Brauneisensteinknollen zeigen häufig die Spuren einer deutlichen Abrollung. Ihre Lagenstruktur ist dann nicht ihren Umrissen konform. Sie stellen wohl Konkretionen dar, aber an anderer Stelle gebildet, dann an ihren jetzigen Platz transportiert. Dieser Transport der Massen wird dort besonders überzeugend zur Anschauung gebracht, wo sich, wie z. B. in den Bohnerzen der Wochein in Krain unter ihnen auch gerolltes Material aus kristallinen Gesteinen vorfindet. Wir sehen, daß nach dieser Richtung hin die Bohnerze durch Übergänge mit den Trümmerlagerstätten verbunden sind, mit der nächstfolgenden großen Kategorie unseres Systems.

Gehen wir jetzt auf die Lagerungsform der Bohnerze ein, so haben wir eine zweifache Art des Vorkommens zu unterscheiden: Einmal bilden die Bohnerze weit ausgedehnte, oberflächlich den mesozoischen Kalkgebirgen aufgelagerte, deutlich geschichtete Ablagerungen tertiären Alters, die zum Teil bedeutende, bis über 30 m betragende Mächtigkeit erreichen, auch von jüngeren, anderweitigen Tertiärschichten bedeckt sein können. In vollständig erhaltenen Profilen beschränkt sich die bauwürdige Führung von Brauneisensteinknollen gewöhnlich auf die untersten Lagen dieser Sedimente. Die oberen bestehen nur aus fettem, tonigem Bolus, der bis 100 m mächtig werden kann, oder aus mit Quarzsand gemengtem Ton, der Huppererde. Die oberen Absätze, in deren Färbung braune und gelbe Töne gegenüber den braunroten der unteren Lagen überwiegen, können auch organische Reste, Sumpfschnecken und Reste von Chara mit ihren charakteristischen Oogonien enthalten. Die an Brauneisensteinknollen reiche unterste Lage ist selten mehr als 1 m mächtig.

Die zweite Art der Lagerung, die sich nach unten hin mitunter unmittelbar an die erste anschließt, ist die in Hohlräumen des Felsuntergrundes.

In mehreren Kalksteingebirgen des mittleren Europas, wie im südlichen Schwarzwald, dem fränkischen Jura, den Tiroler, Kärntner und Krainer Alpen, dem schweizer und französischen Jura, finden sich im Felsuntergrund bis in mäßige Tiefe hinabgehende, mulden-, trichter-, kessel-, schacht- oder schlauchförmige, zuweilen auch verzweigte Aushöhlungen und erweiterte Spalten, die neben anderem Material in Lehm eingehüllte Brauneisensteinknollen enthalten. Vorzüglich bilden Kalksteine und Dolomite des weißen Jura, zuweilen auch Trias- und Kreidekalke das Nebengestein dieser Erosionsgebilde. Die Wandungen der Höhlungen sind vom Wasser glatt abgeätzt und erscheinen oft wie gefirnißt, zumal wenn sie etwas verkieselt sind. Zuweilen sind sie auch mit einer Brauneisensteinkruste überzogen. Bei den verzweigten Höhlungen können einzelne aufsteigende Abteilungen leer sein. Die Füllung der Schlote ist im übrigen höchst mannigfaltig beschaffen. Vorzugsweise besteht sie aus Kalkschutt, roter Erde, wie sie bei der Auflösung von Kalkstein zurück zu bleiben pflegt, oder Lehm; ferner finden sich darin neben den Bohnerzen noch allerlei von oben her eingespülte, sehr verschiedenartige Gerölle, Sande und Tone, sogar Braunkohlenschmitzen.

Das Alter der Einschwemmungen läßt sich aus den oft nicht seltenen organischen Resten in den Bohnerzschloten bestimmen. Man fand in ihnen Zähne und Skelettteile von oligozänen Säugetieren, wie Anoplotherium, Paläotherium und Lophiodon, und solche miozänen Alters, wie Mastodon, Rhinozeros und Dinotherium, auch tertiäre Pflanzenreste, sodaß die Einschwemmung der Bohnerze ebenfalls in die Tertiärzeit fallen muß.

Treten die Schlote in Einsenkungen von Kalksteinflächen auf, so hängt ihre Füllung bisweilen unmittelbar mit oberflächlichen Bohnerzlagern von gleichem Alter zusammen, die zum Teil eine bedeutende, bis 30 m ansteigende Mächtigkeit erlangen können.

Früher wurden die meisten Bohnerze innerhalb von Hohlräumen allgemein als die Absätze eisenreicher Quellen und speziell die Brauneisenerzbohnen als aus solchem Quellwasser gebildete Konkretionen aufgefaßt. Dies mag auch für manche Vorkommnisse zutreffen, nicht aber für alle. Auch die Bohnerze dieser zweiten Lagerungsform sind hauptsächlich durch Einschwemmung entstanden. Wie A. W. Stelzner[1]) z. B. von den Bohnerzen der Villacher Alpe in Kärnten nachwies, zeigen mitunter die Bohnen keine Andeutung einer konzentrisch-schaligen

[1]) A. W. Stelzner. *Über die Bohnerze der Villacher Alpe.* Verh. d. k. k. geol. Reichsanst., 1887, S. 219.

oder radialstrahligen Struktur, wie es sonst gewöhnlich der Fall zu sein pflegt, sondern machen den Eindruck transportierter und hierbei vom Wasser gerollter Fragmente anderswo entstandener Brauneisensteine, wie denn auch innerhalb der roten Erde dieser Kärntner Bohnerzschlote, die im triasischen Hauptdolomit eingesenkt sind, neben den Erzknollen auch Quarzkörnchen, Zirkone, Rutile, Granate, Turmaline, Epidot- und Hornblendesplitter, also Residua an der Erdoberfläche anderswo zerstörter, kristalliner Gesteine sich finden.

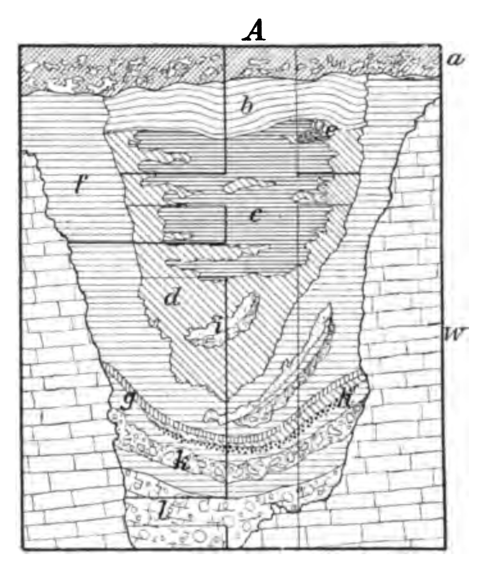


Fig. 303. *Profil eines erzarmen Bohnerztrichters bei Ludwigsthal* nach F. von Mandelsloh.
Der Schacht (31 m tief) mit drei Versuchsstrecken.

a Fragmente von Jurakalk.
b Blauer und brauner Ton.
c Braunkohle.
d Ton mit Pflanzenresten.
e Kreideartige Kalksteinstücke.
f Gelber Ton.
g Brauner Ton mit Braunkohle.
h Bohnerz.
i Sandstein.
k Quarzkonglomerat.
l Kalksteinkonglomerat.
w Kalkstein und Dolomit des weißen Jura.

Im folgenden mögen einige wichtigere Verbreitungsbezirke von Bohnerzschloten angeführt werden, wobei im voraus bemerkt werden muß, daß der Bergbau auf Bohnerze als Schlotausfüllungen zurzeit nirgends einige Bedeutung besitzt.

Auf der schwäbischen Alb unterschied man die auf ursprünglicher Lagerstätte befindlichen sog. Letterze, die flötzartig in größeren oder kleineren Mulden der Oberfläche eingelagert waren und der Basis des aus Landschneckenkalken, Tonen, Sanden und Sandsteinen bestehenden Tertiärgebirges angehörten, von den Felsenerzen, um-

gelagerten und gerollten Brauneisenerzen innerhalb von Trichtern und Klüften des weißen Juras.

Früher sind viele Bohnerztrichter für den Bedarf der dortigen Eisenhütten in der schwäbischen Alb und in der Grafschaft Pappenheim ausgebeutet worden. Aus dieser Zeit stammt unser Profil eines zwar sehr erzarmen, aber wegen der sehr mannigfachen Einschlüsse recht interessanten Bohnerzschlotes der schwäbischen Alb, das wir nach dem Original von Graf von Mandelsloh[1]) in Fig. 303 wiedergeben. In diesem Gebiete trifft man das Bohnerz in den Höhlungen des Frankendolomites (oberer weißer Jura), der die Oberfläche ausgedehnter Hochflächen bildet.

Manche dieser Bohnerzfüllungen reichen bis ins Eozän zurück, wie die Funde von Knochen und Zähnen von Paläotherium, Anoplotherium u. a. in Bohnerzschläuchen bei Fronstetten bewiesen haben. Andere sind zur Zeit des Rhinozeros, Anchitherium, Hipparion, Mastodon und Dinotherium, deren Reste mit ihnen vermischt sind, eingeführt worden, also während des Oligozäns und Miozäns, so bei Heudorf, Ulm und Ebingen.

Auch sei hier noch erinnert an den von W. Branco[2]) untersuchten merkwürdigen Fund von Zähnen eines anthropoïden Affen im Bohnerz der schwäbischen Alb.

Nach Quenstedt und Fraas hat die Bohnerzförderung Württembergs um das Jahr 1860 ungefähr 250000 Zentner betragen, bei weitem in der Hauptsache wurden Letterze gewonnen.

Ganz neuerdings beginnt man ein wirtschaftlich bedeutendes Eisenerzgebiet ähnlicher Art auf der Höhe der fränkischen Alb in der Nähe des oberfränkischen Städtchens Hollfeld östlich von Bamberg auszubeuten. Nach F. Klockmann[3]) lagern hier unter einer 1—20 m dicken Decke von losen Sanden und plastischen Tonen der Tertiärzeit in Taschen und Kesseln des oberjurassischen Frankendolomites als eine ziemlich stetige Schicht mulmige Brauneisenerze, deren Mächtigkeit

---

[1]) Graf F. v. Mandelsloh. *Geogn. Profile der schwäbischen Alp.* 1834. — Deffner. *Zur Erklärung der Bohnerzgebilde.* Jahresh. Ver. f. vaterl. Naturk. i. Württ. XV, 1859, S. 257—314. — Fraas. *Die Bohnerze.* Ebenda. S. 38—42. — Achenbach. *Über Bohnerze auf dem südwestl. Plateau der Alp.* Ebenda. S. 103 bis 125. — Quenstedt. *Geol. Ausflüge in Schwaben.* 1864, S. 136—137.

[2]) W. Branco. *Die menschenähnlichen Zähne aus dem Bohnerz der schwäbischen Alp.* Stuttgart 1898. Mit 3 Tafeln.

[3]) F. Klockmann. *Die eluvialen Brauneisenerze der nördlichen Fränkischen Alb bei Hollfeld in Bayern.* Stahl und Eisen. 1908. Nr 53.

höchst schwankend ist (mindestens 1 m im Mittel). Sie bestehen zu $^2/_3$ aus feinerdigem, im trockenen Zustand stäubendem Limonit, zu $^1/_3$ aus Stückerzen und Körnern von über 4 mm Dicke, aber ohne pisolithische Struktur. Die mittlere chemische Zusammensetzung der Erze nach zahlreichen Analysen ist folgende:

Fe	40,13 %
Mn	0,67 „
P	0,349 „
CaO	0,10 „
MgO	0,41 „
Al_2O_3	5,43 „
SiO_2	22,24 „
Hydratwasser und Glühverlust	10,50 „

Nach F. Klockmann sind diese den Bohnerzen verwandten Gebilde wesentlich Verwitterungsprodukte und eluviale Rückstände der Juradolomite und -Kalke während der Tertiärzeit.

Ein weiteres bekanntes Bohnerzrevier in Deutschland ist das von Kandern, Stockach, Möhringen und Jestetten im Juragebiet des südlichsten Teiles von Baden. Nach den älteren Beschreibungen[1]) hatte man es jedoch hier nicht mit Schlotfüllungen, sondern mit horizontal ziemlich ausgedehnten Oberflächengebilden auf dem weißen Jura, seltener auf dem Muschelkalk, zu tun, die zum Teil von diluvialem Löß verhüllt waren. Etwa 70—80 kleine Gruben waren ehemals darauf in Betrieb. Seit Ende der 60er Jahre indessen wird nicht mehr darauf gebaut. Es wechselten hier erzführende Schichten mit solchen von Sand, Kalksteinkonglomerat und Geröll. Neben dem Erz fanden sich konzentrisch gefärbte Jaspisknollen (Kugeljaspis), die Kristalldrusen von Kalkspat, Gips oder Quarz umschlossen. Man unterschied Reinerz und eigentliches Bohnerz. Das Reinerz ist ein schaliger, dichter oder faseriger Toneisenstein, der eingesprengt oder nieren- und nesterweise vorkommt. Im Innern solcher nierenförmiger Gebilde gewahrte man Hohlräume mit Glaskopfinkrustationen, nadelförmigem Brauneisenerz, Braun-, Eisen- und Kalkspat. Das Bohnerz besteht aus zu Nestern und Lagern vereinten, konzentrisch-schaligen, erbsen- bis wallnußgroßen Brauneisenerzkonkretionen. Aus den tertiären Säugetierresten und Haifischzähnen inmitten dieser Ablagerung läßt sich ein Schluß auf ihr Alter machen. Danach sind diese Massen erst in der Tertiärzeit abgelagert worden. Ob aber die konzentrisch-schaligen Konkretionen von Braun-

[1]) B. v. Cotta. *Erzlagerstätten II.* S. 179—181. Nebst älterer Literatur.

eisenerz und Jaspis an Ort und Stelle sich ausgeschieden haben oder Reste zerstörter Juraschichten sind, scheint nicht sicher zu entscheiden gewesen zu sein.

In den Ostalpen kennt man echte Bohnerztrichter außer dem oben erwähnten von der Villacher Alpe noch an zahlreichen anderen Punkten, so in der Wochein[1]), unweit Krainburg in Krain, in der Gegend von Hof unweit Laibach und bei Lunz[2]) in den nördlichen Kalkalpen.

Sehr große Verbreitung haben Bohnerzschlote im schweizerischen und französischen Jura, z. B. in der Gegend von Laufen und Roeschentz in der Schweiz. Die gewöhnlich lose untereinander verbundenen Körner, Nieren und Ellipsoide des Brauneisenerzes liegen hier in buntem, meist rotem oder gelbem Ton innerhalb von oft sehr verzweigten Schloten. Daneben kommen auch aufgelagerte Massen von Bohnerz vor, die zum Teil den Eingang in die Schlote verdeckten. Bei Roeschentz standen benachbarte, durch besondere kleine Schächte aufgeschlossene Bohnerzschlote in einiger Tiefe durch unregelmäßige, horizontal ausgedehnte Höhlungen in Verbindung, die ebenfalls bauwürdige Erze enthielten. Eine ältere, ausführlichere Beschreibung von A. Gressly[3]), dessen Schlußfolgerungen übrigens heutigen Anschauungen ganz widersprechen, gibt doch wichtige Nachweise von den damaligen bergmännischen Aufschlüssen. Wir entnehmen ihr das Profil Fig. 304.

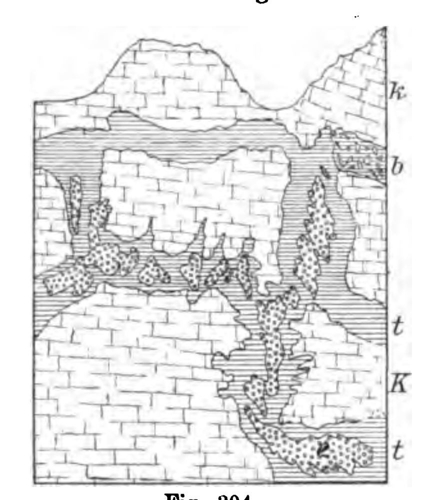


Fig. 304.
Profil durch die ehemaligen Bohnerzgruben Silberloch bei Roeschentz nach Gressly.
k Kalkstein (weißer Jura), t Tone, b Kalksteinbrekzien, e Bohnerz.

---

[1]) A. v. Morlot. *Uber die geol. Verhältnisse von Oberkrain.* Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1850, S. 405.

[2]) B. v. Foullon in den Verh. d. k. k. geol. Reichsanst. 1887, Nr. 10, S. 219.

[3]) A. Gressly. *Sur le Jura Soleurois.* Neue Denkschriften. Neuchâtel. V. Band, 1841, S. 245—349. Mit vielen Profilen. — L. Rollier. *Über das Bohnerz und seine Entstehungsweise.* Vierteljahrsschr. Naturf. Ges. Zürich. 1905, 1—2, S. 150—162. — v. Isser. *Die Bohnerze von Delémont im Schweizer Juragebirge.* Österr. Zeitschr. f. B. u. H. XLIV, p. 200—204.

Eine neue Beschreibung der Schweizer Bohnerzlagerstätten findet man bei C. Schmidt[1]) (Basel). Danach haben sich im Schweizer Jura von der ehemals sehr ausgedehnten eozänen Bohnerzdecke wesentlich nur die Teile erhalten, die im Faltengebiet die Mulden erfüllen oder diejenigen, die im Tafellande durch Grabenbrüche versenkt, vor der Abtragung bewahrt worden sind. Wichtige Fundstätten waren im Reiath nordöstlich von Schaffhausen, bei Delsberg im Gebiet der Birs, im Tal der Dünnern zwischen Balstal und Matzendorf u. a. Zurzeit sind nur noch die Gruben bei Delsberg im Betrieb, die jährlich etwa 5000 t Erz produzieren. Die Gehalte an Eisenoxyd der Delsberger Bohnerze halten sich zwischen 60,3—65,2 %, der Phosphorsäuregehalt beträgt rund 0,2 %. Auch Gehalte von Vanadinsäure von 0,3—1 % werden angegeben.

Auch im französischen und deutschen Anteile der lothringischen Juralandschaft sind ähnliche Bildungen bekannt, und früher z. B. bei Ville-Houdelémont, bei Malancourt u. a. O. abgebaut worden[2]).

Ferner sind seit ältesten Zeiten Bohnerze auf dem französischen Centralplateau abgebaut worden, so besonders im Gebiete nördlich vom Cantal[3]). Andere kennt man aus dem Departement Doubs z. B. bei Montbéliard[4]).

h) Raseneisenerze und Seeerze.

Diese jüngste Gruppe von Eisenerzen hat in geologischer Beziehung ganz besonderes Interesse, weil wir hier die Entstehung so zu sagen vor unseren Augen sich abspielen sehen und so wichtige Fingerzeige auch für die Genesis älterer Gebilde erlangen können. Zu dieser geologischen Bedeutung ist ja in neuerer Zeit mehr als früher noch eine ökonomische hinzugekommen, seitdem man diese phosphorreichen Erze zu verhütten und zugleich die in ihnen im Erdboden festgelegte Phosphorsäure in Gestalt von Thomasmehl dem Kreislauf der Natur wiederzugeben vermag.

---

[1]) C. Schmidt (Basel) im Abschnitt *Asphalt, Steinsalz, Erze* des Handwörterbuch der Schweizer. Volkswirtschaft usw. III. Bd., Bern 1907, S. 113—116. Lit.

[2]) E. Jacquot. *Sur les mines et les minières de fer de la partie occidentale du dép. de la Moselle.* Ann. des Mines, T. XVI, Paris 1849, p. 427 ff.

[3]) de Grossouvre. *Etude sur les gisements de minerai de fer du centre de la France.* Ann. des Mines (8), X, 1886, p. 311—415. — L. de Launay. Compte Rendu du VIII.e Congr. Géol. Intern. 1900.

[4]) Merle. *Les gîtes minéraux et métallifères etc. du dép. du Doubs.* Besançon 1905, p. 117—120 nebst Lit.

1. Die Beschaffenheit und Lagerung der Raseneisenerze und Seeerze[1].

Die Raseneisenerze, wohl auch Sumpferze, Wiesenerze, Morasterze genannt, sind gelbliche, bräunliche oder schwärzliche, auf dem Bruch harzartig glänzende, immer stark poröse und kavernöse, oft schlackenähnliche, harte, zuweilen auch ockerige, locker erdige Brauneisenerze mit vielen anderen Substanzen gemengt. Chemische Beimengungen sind wasserhaltige Eisensilikate (gelatinierendes, basisch kieselsaures Eisenoxyd), aber auch phosphorsaure, quellsaure, ulmin- und huminsaure Eisenverbindungen. Der Eisengehalt schwankt zwischen 20—60% Fe_2O_3. Der Gehalt an Phosphorsäure steigt bis zu 10%. Mechanisch sind außerdem beigemengt Sandkörnchen und tonige Partikel.

Im folgenden hat man die chemischen Analysen[2]) von

I. Raseneisenstein aus Schleswig (Pfaff),
II. von Auer bei Moritzburg in Sachsen (Bischoff),
III. von Leipzig (Erdmann),
IV. Durchschnitt von 30 Analysen schwedischer Seeerze (Svanberg);

	I	II	III	IV
Eisenoxyd	62,92	67,46	51,10	62,57
Manganoxyd	4,18	3,19		5,58
Kieselsäure	8,12	7,00	9,20	12,64
Phosphorsäure	3,44	0,67	10,99	0,48
Schwefelsäure	—	3,07	—	0,07
Tonerde	4,60	—	0,41	3,58
Kalkerde	—	0,90	—	1,37
Magnesia	—	—	—	0,19
Wasser	18,40	17,00	28,80	13,53
	101,66	99,29	100,50	100,01

Die Ablagerungen von Raseneisenerz trifft man in Einsenkungen flachgelegener Landstriche, wo Grundwasser stagniert, besonders in der Nähe träge fließender, von gelösten Humussäuren oder humussauren Salzen braun gefärbter Wasserläufe, in Moor- und Wiesengründen der

[1]) F. Senft. *Die Torf- und Limonitbildungen usw.* Leipzig 1862. — F. M. Stapff. *Über die Entstehung der Seeerze.* Mit 1 Tafel. Z. d. D. G. G., 18. Bd. 1866, S. 86—173. — A. W. Cronquist. *Om sjömalmsfyndigheten etc.* Geol. För. Förh., Nr. 65, Bd. V, 1880, S. 402. — Hj. Sjögren. *Om de svenska jernmalmens genesis.* Geol. För. Förh., 137, Bd. 13, 1891, S. 373. — R. Klebs. *Das Sumpferz.* Vortrag, Königsberg. 1896.

[2]) Zitiert nach F. Zirkel. *Petrographie.* III, S. 574.

nordeuropäischen, nordasiatischen und nordamerikanischen Niederungen. Die sächsische und preußische Niederlausitz, die Mark Brandenburg, Mecklenburg, Pommern, Preußen, Masuren, Polen, das europäische Rußland, Holland, Finnland und Schweden sind reich an Raseneisenerzen. In Nordamerika ist der Three Rivers District, Provinz Quebec, ein typisches, bereits 1730 in Abbau genommenes Vorkommnis. Manchmal finden sich solche Erze auch auf Hochflächen der mitteldeutschen Gebirge.

Diese Ablagerungen erreichen selten über 1 m Mächtigkeit. Meist lassen sie keine Schichtung erkennen. Oft bilden sie einzelne Knollen, Schollen oder Platten, die das unmittelbar darauf liegende Acker- und Wiesenland, weil sie Wasser und Luft von den tieferen Bodenschichten absperren, unfruchtbar machen und als „Ortsteine" oder „Klump" vom Landwirt nicht gern gesehen sind.

Die Benutzung dieser Eisenerze ist schon eine sehr alte. Linné nannte sie daher Tophus Tubalcaïni, weil Tubalcaïn, der erste Schmied, daraus schon Eisen dargestellt habe.

Etwas andere Beschaffenheit und ganz andere Lagerung haben die Seeerze (sjömalmer der Schweden). Man trifft sie auf dem Grunde zahlloser Seen in den schwedischen Provinzen Småland, Oestergotland, Dalarne, Herjeådalen, Jemtland und Norrland, in Finnland, dem europäischen Rußland und in Kanada. Meist finden sie sich auf sandigem Untergrund, in einem etwa 10 m vom Ufer entfernten Strich und in einer Tiefe bis zu 10 m unter dem Wasserspiegel. Ihre Mächtigkeit ist meist gering, selten bis 0,5 m. Aber schon bei 10—15 cm Mächtigkeit können sie durch ein einfaches Baggerverfahren gewonnen werden, um sich sodann bereits innerhalb von 15—30 Jahren wieder zu ersetzen. „Estque thesaurus hic perennis et inexhaustus" sagt von diesen Seeerzen seiner Heimat schon Swedenborg. Der erzführende Strich in den Seen stellt keine zusammenhängende Decke dar. Vielmehr kommt das Seeerz in runden oder länglichen Flecken vor, deren Richtung und Anordnung durch die Stromrichtung von Zuflüssen offenbar schon deshalb bestimmt wird, weil die Erzbänke mit seichten Untiefen zusammenfallen, auf denen eine üppige Vegetation von Wasserpflanzen wuchern kann, und weil die Aufschüttung solcher Untiefen wiederum von der Zuführung von Sand und Schlamm durch die Strömungen abhängig ist. In Flüßchen, die auch mitunter Seeerze führen, z. B. in den Verbindungsflüssen schwedischer Seen, findet man die Ablagerungen nur im ruhigen Wasser, an der konvexen Seite von Krümmungen, nicht in reißender Strömung.

Wir haben also hier ein Beispiel, wie sich in einer zeitlich einheitlichen und petrographisch ziemlich gleichartigen Ablagerung, wie sie die Sedimente sonstiger Art an dem Grunde solcher Seen darstellen, lineare oder strichförmige Erzmassen von gleichalteriger Entstehung bilden können.

Die Entstehung der Seerze durchläuft verschiedene Stadien, die auch verschiedenartiges Material hinterlassen. Im ersten Stadium ist das Seerz ein ockeriger Erzschlamm, der erst allmählich verhärtet und Glanz, Farbe und Festigkeit des eigentlichen Erzes annimmt. Dieser Schlamm besitzt zunächst schwarzgraue, bräunliche oder grünliche Färbung und ist voll von Pflanzenteilen. An der Luft trocknet er zu einem grauen oder gelben Pulver ein. Er ist reich an gallertartiger Kieselsäure und zahlreichen Algen. Beim Festwerden bilden die Schlammassen teils kompakte Nester (rusor), teils kleinere oder größere Scheibchen und Kügelchen, umkrusten wohl auch Wurzeln, Stamm- und Astteile von Pflanzen und tierische Reste, wie Käfer und Wurmröhren, Phryganidenköcher und dergleichen. Alle diese Formen bestehen teils aus hartem, nelkenbraunem, harzglänzendem, teils aus lockerem, gelblichem oder bräunlichem, ockerigem Erz. In den kugeligen Gebilden wechseln konzentrische Schalen von festem und von lockerem Erz, und in der Mitte findet man oft ein Sandkorn oder einen Pflanzenrest. Nach der Gestalt und Größe dieser Konkretionen unterscheidet man in Schweden Krutmalm (Schießpulvererz), aertmalm (Erbsenerz), bönmalm (Bohnerz), penningmalm (Pfennigerz) und skraggmalm (Brockenerz). Häufig enthalten die noch nicht erhärteten Erze die Phosphorsäure in Gestalt von erdigem Vivianit, als Blaueisenerde, die an manchen Stellen sich stark konzentrieren kann. Auch ist den pulverigen Seeerzen Schwedens häufig viel Manganerz, wohl als Wad, beigemengt, wie denn überhaupt ganz allmähliche Übergänge von Raseneisen- und Seeerzen zu Manganwiesen- und Manganseeerzen hinüber führen. (Siehe diese, II. S. 415).

Übrigens finden sich gelegentlich auch unter den Tropen ähnliche Bildungen. So beschreibt F. Katzer[1]) Raseneisenerze in der Amazonasniederung, unter anderem auch eine pisolithische Abart, die an den Rändern von Einsenkungen, die während der Regenzeit überschwemmt werden, entsteht. Ähnliche Limonitpisolithe erhielten wir durch G. C. Du Bois aus Surinam.

[1]) F. Katzer. *Geologie des unteren Amazonasgebietes.* Leipzig 1903.

2. Allgemeines über die Entstehung der See- und Raseneisenerze.

Es steht fest, daß die Ausscheidung aller dieser Erze aus sehr verdünnten Eisenlösungen erfolgt ist, die entweder dem Grundwasser oder den Seen und Flüssen zugeführt worden waren. Die Herkunft des Eisens anzugeben macht keine Schwierigkeiten. Fast alle Gesteine enthalten Eisenverbindungen, die unter Umständen löslich sind. Dort, wo noch andere, seltenere Metalle in diesen Erzen nachgewiesen werden können, muß man den Blick auch auf ältere primäre Lagerstätten sulfidischer Erze richten, deren Zersetzung das Material für solche Lösungen geliefert hat. So kommen in den schwedischen Seeerzen Spuren von Kupfer, Nickel, Kobalt und Zink vor, die sicher zersetzten Kiesen von älteren Lagerstätten entstammen, an denen dort kein Mangel ist. So fand man ferner in einem Raseneisenerz der Tertiärmulde zwischen Grochau und Briesniz im SW. von der Nickelerzlagerstätte bei Frankenstein in Schlesien einen Gehalt von

Nickel . . .	3,9 Proz.
Kobalt . . .	1,3 „
Kupfer . . .	0,1 „

Weiterhin fragt es sich, welcher Art die Lösungen gewesen sind. Es kommen hauptsächlich folgende Lösungsmittel in Betracht:

1. Schwefelsäure, die sich bei der Zersetzung eisenhaltiger Sulfide bildet;
2. Kohlensäure, die von der Luft, von verwesenden Organismen und durch den Lebensprozeß der Tierwelt geliefert wird, und im Wasser gelöst Silikate usw. angreift;
3. organische Säuren, die übrigens durch Oxydation zu Kohlensäure umgesetzt werden. Wo pflanzliche Massen bei Gegenwart von eisenhaltigen, mineralischen Substanzen unter unvollständigem Luftzutritt sich zersetzen, wird Eisenoxyd zu Oxydul reduziert und bildet als solches mit Humussäuren und Ammoniak lösliche Doppelsalze.

Die Lösungen brauchen nur ganz verdünnt zu sein. Reicht doch nach B. Schorler[1]) ein Eisengehalt von nur 0,20—0,30 mg pro Liter im Dresdener Leitungswasser hin, um die Röhren dort in 30 Jahren mit einer 3 cm dicken Rostschicht auszutapezieren.

Die Ausfällung des Eisens aus diesen in den Gewässern ganz verdünnt enthaltenen Lösungen kann auf verschiedene Weise erfolgen.

[1]) Zentralbl. f. Bakteriologie. XV. Bd., 1905, S. 566.

In Eisenvitriollösungen wird schon durch humussaures Ammoniak, das in den braunen Torfwässern immer vorhanden ist, eine Ausfällung von Eisenoxydul, später von Eisenoxydhydrat bewirkt.

Aus kohlensauren Lösungen wird das Eisen durch Abgabe von Kohlensäure an die Luft oder an Pflanzenzellen als Eisenoxydhydrat ausgefällt. Nur bei Abschluß von der Luft oder bei Berührung mit reduzierenden organischen Resten ist Absatz als Karbonat möglich, was mit dem Vorkommen von Sphärosiderit und Blackband zu harmonieren scheint[1]).

Aus humussauren und ähnlichen organischen Verbindungen fällt das Eisenoxydhydrat schließlich bei der Oxydation der Humussäuren und deren Zerfällung in Kohlensäure und Wasser aus. Auch hier beschleunigt die Pflanzenzelle diesen Prozeß, indem sie Sauerstoff dazu liefert.

Bei Vermischung endlich von humussauren und schwefelsauren Eisenverbindungen wird durch Vereinigung der Schwefelsäure mit Ammoniak, welches Eisenoxyd in Lösung zu halten vermag, das Eisen als Hydroxyd oder humussaures Eisenoxyd zum Niederschlag gebracht.

Wir sahen bei diesen Prozessen Pflanzen während ihres Lebens schon, ganz abgesehen von den Fäulnisvorgängen, mit eingreifen. Nach Ehrenberg wären es vorzüglich Algen, besonders die sogenannte Eisenalge, Galionella ferruginea Ehrenb., die hier mitwirken, indem sie ihre Zellhäute mit Eisenoxydhydrat und amorpher, wasserhaltiger Kieselsäure belegen. Die genannte Alge finde sich massenhaft auf Seeerzgründen. Nach neueren Arbeiten von Molisch und von Winogradsky[2]) indessen sind diese angeblichen Algen fädige Bakterien. Die wichtigsten unter ihnen sind Cladothrix dichotoma, Crenothrix Kühniana und ganz besonders Chlamydothrix ochracea Mig.[3]) Sie nehmen das gelöste doppeltkohlensaure Eisenoxydul des Wassers auf und oxydieren es zu Eisenoxydhydrat, indem sie die Kohlensäure zum Aufbau von pflanzlicher Substanz verwenden.

---

[1]) Daß solche Reduktionsprozesse gelegentlich sogar zur Entstehung von gediegen Eisen führen können, geht aus dem seltenen Auftreten des letzteren im Sumpferz hervor. Die Freiberger Sammlung besitzt z. B. einen einseitig angeschliffenen, über wallnußgroßen Eisenklumpen, der im Jahre 1891 im ockerigen Sumpferz nahe der Kirche von Nikolaewskaja-Wosnesenskaja, 25 km nördlich von Wologda in Rußland gefunden worden ist (Herr Dipl. Ing. Kupfer ded.). Dieses Eisen gibt sich durch das Fehlen einer Beimengung von Nickel als tellurisch zu erkennen.

[2]) Bot. Zeit. 1888. Nr. 17.

[3]) J. Walther. *Einleitung in die Geologie.* Jena 1893/94. S. 655.

Sobald der Rostmantel um die Galionella-Fäden eine gewisse Dicke erreicht hat, hebt nach B. Schorler an seinem Rande eine Kristallisation an, die entweder zur Ausscheidung gelbbrauner, hexagonaler Täfelchen oder unregelmäßiger Aggregate führt. Die Galionella-Fäden selbst verschwinden.

Die Bedeutung der im Wasser von Binnenseen und Flüssen gelösten Humusstoffe für die Bildung von See- und manchen Sumpferzen muß indessen nach den wichtigen Untersuchungen von O. Aschan[1]) auch noch nach anderer Richtung verstanden werden:

Wie zahlreiche Analysen dieses Forschers beweisen, nähern sich die in den finnländischen Binnengewässern mit Ausnahme der Quellen in so großen Mengen vorkommenden Humusstoffe (Humushydrosole oder kurz Humussole) in ihrer mittleren chemischen Zusammensetzung, wenn man vom Stickstoffgehalt absieht, der Konstitution der Kohlehydrate der Zellulose bez. Stärkegruppe. Da sie ferner mit stickstoff- und phosphorhaltigen, meist auch etwas schwefelhaltigen, organischen Verbindungen zusammen sich finden, hält es O. Aschan für sehr wahrscheinlich, daß sie als Nährstoffe für niedere Organismen dienen können. Wenn eben diese Humusstoffe als Eisenhumate gebunden im Wasser vorkommen, kann diese Verwendbarkeit für Organismen zugleich die Bildung der Seeerze bedingen. Eisenhumate kommen aber zustande, wenn aus dem Boden hervorquellende, bei der Verwitterung der Gesteine des Grundgebirges entstandene eisenoxydulhaltige Wässer in Wäldern, Wiesen, Mooren, Flüssen und Seen mit Humussolen zusammentreffen. Die zunächst erzeugten löslichen Ferrohumate gehen bald in Ferrihumate über. Diese können sich zum Teil ohne weiteres ausscheiden. Zum größten Teil aber bleiben sie gelöst und färben die Wässer braun. Der Sauerstoffgehalt selbst am Grunde der tieferen finnländischen Seen ist übrigens genügend groß für diese Oxydation zu Ferrihumat. Also werden auch die am Boden der Seen mündenden eisenoxydulhaltigen Quellen Ferrihumate veranlassen. Diese werden von Mikroorganismen verzehrt, welche den organischen Teil sich aneignen, das unverbrauchte Eisenoxyd dagegen in ihrer nächsten Umgebung absetzen. Die so entstehende poröse Erzablagerung dient den Organismen zugleich zum Schutz, insofern als sie in ihren Poren ungestört weiter wuchern können.

---

[1]) O. Aschan. *Die Bedeutung der wasserlöslichen Humusstoffe (Humussole) für die Bildung der See- und Sumpferze.* Z. f. pr. G. 1907, S. 56—62. — Derselbe. *Humus ämnena i de nordiska inlandsvattnen etc.* Finska Vetenskaps societ. Öfversikt. Sept. 1906, S. 1—176.

Eine Hauptstütze für diese Anschauung sieht O. Aschan darin, daß 21 Seeerz- und 11 Sumpferzanalysen noch Reste von Humussäuren aufwiesen.

Die in diesen Erzen vorhandene Kieselsäure mag ursprünglich in Form von Alkalisilikaten in den Gewässern gelöst gewesen sein, die vielleicht durch Kohlensäure zersetzt werden. Sie scheidet sich gleichzeitig mit dem Eisenoxydhydrat ab. Die Phosphorsäure war jedenfalls als phosphorsaures Ammoniak zugegen und wird zunächst als Eisenphosphat, in kalkreichen Gewässern auch als Kalkphospbat gefällt.

Auf die weiteren Perspektiven, die uns diese Vorgänge auch für die Genesis der älteren schichtigen Eisenerzlager eröffnen, gehe man nach II. S. 355 ein.

Wir sahen, daß bei den Seeerzen der Absatz sich recht langsam vollzieht. Bedeutend schneller spielt sich in der Natur der Vorgang



Fig. 305.
Profil durch einen Teil des Rio Tinto-Erzfeldes nach A. Phillips.
s Tonschiefer, *p* Porphyr, *k* Kupfererzlager, *e* quartäre Eisenerze.

dort ab, wo die Abflüsse aus den Hutbildungen (siehe diese) mächtiger Kieslagerstätten in ein Seebecken oder auch ins Meer geführt werden, oder wo durch die Eingriffe des Menschen große Zuflüsse von eisenreichen Grubenwässern erfolgen. So ist der Boden des Sees Tisken bei Falun mit einer mehrere Meter mächtigen Ockerschlammschicht bedeckt, die aus dem nahen Kiesstock geliefert wurde. Die Stromrinne des Rio Tinto führt bis Palos im Busen von Huelva hinaus Ockerschlamm aus den Wässern der Kupfergruben und Halden. Daß dies schon vor der dortigen Bergbauperiode der Fall war, zeigt das Eisenerzvorkommnis auf der Mesa de los Pinos und dem Cerro de las Vacas (siehe Fig. 305). Diese Sedimente von Limonit hatten einem sumpfigen Becken angehört, das später von dem sein Bett tiefer legenden Fluß zerschnitten worden ist. Die Eisensteine enthalten Pflanzenreste vom Charakter der heutigen Flora, haben übrigens aber schon den Römern als Material zu Grabsteinen gedient [1]).

[1]) Nach Phillips-Louis. *Ore Deposits.* II. Aufl., 1896. S. 41.

Auch dort, wo eisenhaltige Mineralquellen in sumpfigen Einsenkungen an die Erdoberfläche treten, wird der Vorgang der Eisenerzbildung beschleunigt. Interessant sind in dieser Beziehung die Verhältnisse des ausgedehnten Mineralmoores in der Soos bei Franzensbad wie sie von O. Bieber[1]) beschrieben worden sind. Hier lagern über den von durchströmenden Mineralquellen mit schwefelsaurem Natron, schwefelsaurer Magnesia, schwefelsaurem Eisenoxydul und anderen Salzen stark imprägnierten Moorschichten vielfach noch ganze Lagen von Raseneisenerz, Blaueisenerde und Eisenocker. Östlich von dem Polterer oder Kaiserquelle genannten Säuerling z. B. besteht folgendes Profil:

4.	Eisenocker	0,3	bis	0,5	m
3.	Blaueisenerde (Vivianit)		„	0,5	„
2.	Raseneisenerz		„	0,3	„
1.	Mineralmoor	3	„	5	„

Über das gelegentliche Mitvorkommen von Pyrit und Markasit im Mineralmoor ist II. S. 207 berichtet worden.

i) Rezente Eisenerze mariner Entstehung.

Außer den schon erwähnten Absätzen von Eisenocker, die sich im Busen von Huelva und vielleicht in geringerem Maße auch an einzelnen anderen Küstenstrecken bilden müssen, kennt man zurzeit noch keine rezenten eigentlichen Eisenerze am Meeresgrund[2]). Indessen haben uns die Tiefseeforschungen wenigstens über die sehr weite Verbreitung eines sehr eisenreichen Sedimentes, des Glaukonitschlammes, belehrt. Es wäre möglich, ja wahrscheinlich, daß gewisse ältere Eisenerzlager solche durch spätere Metamorphose ganz veränderte Sedimente sein könnten, in denen wohl auch eine nachträgliche Konzentration der Eisenverbindungen stattgefunden hat.

Nach J. Walther[3]) fand die Tuscarora an der Küste von Kalifornien in 180—730 m Tiefe schwarze Sande, welche fast gänzlich aus dunkelgrünen, 0,6 mm großen Glaukonitkörnchen bestanden. So reine Glaukonitsande sind selten, während glaukonithaltige Sedimente in

---

[1]) O. Bieber. *Das Mineralmoor der Soos.* Marburg 1887. S. 29.

[2]) Von den Mangan-Eisenerzkonkretionen der Tiefsee wird später gesprochen werden. Gümbel. *Über die Natur und Bildungsweise des Glaukonits.* Sitzb. der K. Ak. München. 1886.

[3]) J. Walther. *Einleitung in die Geologie.* Jena 1893/94, S. 880—882.

Tiefen von 180—1645 m auch nach der Challengerexpedition u. a. ziemlich weit verbreitet sind. Vergesellschaftet mit dem Glaukonit treten Phosphatkonkretionen auf. Der Kalkgehalt kann bis 56 % steigen und nimmt mit wachsender Entfernung vom Lande zu. Diese grünen Schlammassen enthalten einen Lösungsrückstand von 44 % und darüber, der aus kieseligen Gehäusen und Skeletteilen von Organismen, sowie aus Körnchen von Quarz und sehr verschiedenen terrestrischen Silikaten besteht. Nach der Mitte der Ozeanbecken zu fehlen diese Bildungen.

Die folgenden Analysen von solchen rezenten Glaukonit-Sedimenten sind dem Challenger-Werke (The Voyage of H. M. S. Challenger. Report on the Deep-Sea Deposits S. 387) entnommen.

Station	Tiefe in Faden	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	H_2O	Total
164 B	410	56,62	12,54	15,63	1,18	Spur	1,69	2,49	2,52	0,90	6,84	100,41
164 B	410	50,85	8,92	24,40	1,66	Spur	1,26	3,13	4,21	0,25	5,55	100,23
164 B	410	51,80	8,67	24,21	1,54	Spur	1,27	3,04	3,86	0,25	5,68	100,32
164 B	410	55,17	8,12	21,59	1,95	Spur	1,34	2,83	3,36	0,27	5,76	100,39
185 B	155	27,74	13,02	39,93	1,76	Spur	1,19	4,62	0,95	0,62	10,85	100,68

II. Sedimentäre Manganerzlagerstätten.

A. Innerhalb des kristallinen Schiefergebirges.

1. Die Manganerzlager in der südlichen Bukowina [1].

Hoch oben am linken Gehänge des Eisentales 4 km von Jakobeny entfernt liegen die Gruben von Oberarschitza und von Arschitza Anna. Hier ist ein 40 m mächtiges Manganerzlager inmitten des Glimmerschiefergebirges aufgeschlossen, teils in schwebender Lagerung, teils unter 30° nach NO. geneigt. Das unmittelbare Liegende bildet eine 6—20 m mächtige Bank von Kieselschiefer, unter der ein Hornblende führender Glimmerschiefer folgt. Das Hangende stellt ein sehr zersetzter und dann braungelb gefärbter Hornblendeschiefer dar. Die Lagerstätte

[1]) B. Cotta. *Einlagerungen im Glimmerschiefer der südl. Bukowina.* B. u. H. Z. 1855, Nr. 39, S. 319 u. 320. — B. Walter. *Die Erzlagerstätten der südl. Bukowina.* Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. Wien 1876. S. 372—382.

selbst besteht aus einem Gemenge von Pyrolusit, etwas Hausmannit, Brauneisenstein und Quarz. Das Ganze heißt dort Schwarzeisenstein. Diese auch im zersetzten Zustande deutlich geschichtete Masse zeigt lokal, wie besonders in einer anderen Grube, Oitza, nahe der Siebenbürger Grenze, ihre primäre Zusammensetzung. Sie baut sich alsdann auf aus handbreiten, bis 2 m mächtigen Bänken von Kieselmangan (Rhodonit) von graugrünem bis fleischfarbenem Aussehen und mit eingesprengten Partien von rosenrotem Manganspat und Quarz, sowie aus Schichten von einem gelbgrünen Glimmerhornblendeschiefer. Schrittweise kann man die Umwandlung des Rhodonites in die höher oxydierten Manganerze und in Quarz verfolgen. Der Prozeß beginnt von Klüftchen und Spalten aus. Auch der Hornblendeschiefer zersetzt sich und liefert den beigemengten Brauneisenstein.

Die dem griechisch-orientalischen Religionsfonds gehörigen Gruben lieferten 1905 11242 t Manganerz.

2. Die Mangan-Eisenerzlager von Macskamezö und anderen siebenbürgischen Fundpunkten.

Sehr nahe verwandt mit dem vorigen Beispiel ist das Mangan-Eisenerzlager von Macskamezö am Lápos-Fluß im nördlichen Siebenbürgen (Komitat Szolnok-Doboka), welches uns durch eine gründliche Untersuchung von F. Kossmat und C. v. John[1]) bekannt geworden ist.

Die Lagerzone ist im Hangenden eines Marmorzuges, doch nicht unmittelbar darüber, dem dort herrschenden granatführenden und an Quarzschmitzen reichen Glimmerschiefer eingeschaltet, besonders zwischen der Valea Frintura und Borta. Das Vorkommen zeigt sich bei den größeren Aufschlüssen, so namentlich auch im großen Tagebau der Valea Frintura, den wir in Fig. 306 nach F. Kossmats und C. v. Johns Werk abbilden, in doppelter Erscheinung: I. In der Tiefe trifft man die primäre, kristalline Lagermasse. Sie besteht aus Mn- und Fe-haltigen Silikaten, nach den Analysen des letztgenannten Autors aus Dannemorit (Mn-Fe-Hornblende), Knebelit (Mn-Fe-Olivin) und Spessartin (Mn-Al-Granat) zusammen mit Lagen und Putzen von Manganspat, lokal auch von Mangano-Magnetit, Chlorapatit und sehr wenig Pyrit. Die Struktur ist häufig eine dünnlagenförmige, was noch mehr dort hervortritt, wo Glimmerschieferbänder zwischengeschoben sind. Diese Bandstruktur zeigt sich in Dünnschliffen der körnig-kristallinen Lagermasse. Diese lassen überdies die gleichzeitig mit den Silikaten

[1]) F. Kossmat und C. v. John. *Das Mangan-Eisenerzlager von Macskamezö in Ungarn.* Z. f. pr. G. 1905. S. 305—325. Gibt ältere Literatur.

erfolgte Bildung des Manganspates erkennen. — II. Im Hut der Lagerstätte indessen walten Brauneisenstein und sekundäre Manganerze (Pyrolusit, etwas Psilomelan und Manganit) vor, letztere wesentlich aus der Zersetzung des ursprünglichen Manganspates entstanden. Daneben finden sich Reste noch unzerstörten Magnetites, sowie eine Art Jaspis und Quarz, die aus der bei der Auflösung der Silikate freigewordenen Kieselsäure entstanden. Die meist vorwaltenden ockerigen Eisensteine

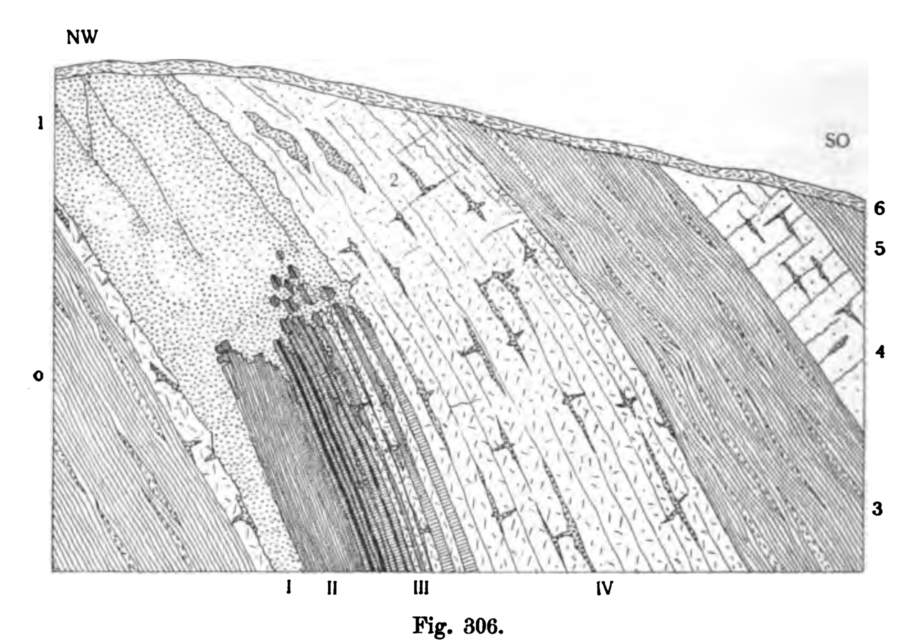


Fig. 306.

Profil des Manganerz-Tagebaues am Valea Frintura nach Kossmat und v. John.

0 Liegend Glimmerschiefer mit Quarzlinsen.
1 Oxydische Manganerze und Limonit mit Quarz.
2. u. 4 Manganh. Jaspis und Quarz mit Pyrolusittrümern.
3 u. 5 Glimmerschiefer.
6 Schutt.

I. Oxydische Manganerze mit Limonit.
II. Manganhalt. Magnetit mit dünnen Knebelit-Apatit-Lagen.
III. Manganspat mit Magnetit, Dannemorit und Knebelit.
IV. Dannemorit und Knebelit mit Spessartin, Apatit und Manganspat.

werden dabei von den Manganerzen krustenförmig durchzogen. Selten bemerkt man Barytkristalle.

Die Gesamtmächtigkeit beträgt stellenweise 8—10 m, wobei etwa $^1/_3$ auf gutes Manganerz entfallen. Schon seit etwa 1775 hatte man dort auf Brauneisenstein gebaut. Erst seit Ende des vorigen Jahrhunderts begann die Ausbeutung auf Manganerz.

Ganz analog zu dem eben geschilderten Beispiel scheinen die Eisen-Manganerzlager von Alsó-Szolcsva und Brezest in Siebenbürgen

zu sein (Komitat Torda-Aranyos). Nach W. Schöppe[1]) sind sie den kristallinen Schiefern zwischengeschaltet, die das Granitmassiv des Gyalu-Gebirges umgeben, und zwar in einer Mächtigkeit von 0,5—4 m. Sie lassen sich im Streichen bis in die Gegend von Offenbánya verfolgen. Auch sie enthalten neben den Oxyden des Eisens und Mangans Silikate, nämlich Granat und Tremolit.

F. Kossmat findet die Ausbildung des Lagers von Macskamezö analog derjenigen des ökonomisch viel minder wertvollen Vorkommens innerhalb der paläozoischen Tonschiefer von Eisern in Krain, das nur eine 1—2 m mächtige Einlagerung bildet. Derselbe Autor vermutet mit Recht, daß alle diese Lagerstätten, die ja innerhalb regionalmetamorpher Schichten liegen, selbst auch metamorphe Sedimente sind. Wir möchten hierbei an die weiter unten zu beschreibenden jurassischen Manganerze in Bosnien erinnern. Wahrscheinlich ist auch die Kieselsäure der manganreichen Silikate von Macskamezö ursprünglich in Form von Radiolariten gebildet worden.

Einen anderen Typus dürfte eine weitere alpine Manganerzlagerstätte repräsentieren, diejenige vom Kock nächst der Uggowitzer Alpe in Krain. Zwischen einem Hämatitlager im Liegenden und einem roten Kalkstein mit Crinoidenstielen im Hangenden baute man hier Manganspat ab, der zum Teil zu Braunstein zersetzt war. Hierzu gehören wahrscheinlich auch die Pyrolusite, die mit Jaspis und dunkelgrauem Hornstein den untertriasischen Kalken (Werfener Schichten) von Vigunsca (Vigunschitza) im Bezirk Radmannsdorf in Oberkrain eingelagert sind. Hier wurden 1905 2546 t Manganerz gefördert.

8. Manganerzlager in Minas Geraës, Brasilien.

Nach Ribeiro Lisboa[2]) werden zwischen den Eisenbahnstationen Queluz und Miguel Burnier der Brasilianischen Zentralbahn seit 1897 mehrere bis 2 m mächtige und im Streichen auf über 2 km weit verfolgbare Lager von Manganit und Pyrolusit ausgebeutet, die den kristallinen Schiefern dieser Gegend zwischengeschaltet sind.

Die steil aufgerichteten Schichten zeigen bei Miguel Burnier folgende Reihenfolge:

---

[1]) Briefliche Mitt. an den Verf. vom 20. V. 09.

[2]) R. Ribeiro Lisboa. *Jornal do Commercio* 1898, Juni und 1899, März. Ref. in der Z. f. pr. G. 1899, S. 256. — H. K. Scott. *The Manganese Ores of Brazil.* Journ. of the Iron and Steel Inst. London 1900, No. 1. (Vergl. auch Z. f. pr. G. 1901, S. 263).

1. Glimmerschiefer;
2. Weißer Kalkstein mit 1,5 % Mn-Gehalt (über 10 m);
3. Unreines erdiges Eisen- und Manganerz (24 m);
4. Reines, größtenteils hartes Manganerz (über 3 m);
5. Itabirit (Quarzitschiefer, reich an Eisenglanz);
6. Grauer Kalkstein mit 1,5 % Mn, 11 % Fe, 13,8 % SiO_2;
7. Glimmerschiefer des Hangenden.

Die Produktion belief sich im Jahre 1900 bereits auf über 100000 t Erz. Die Erze enthalten zwischen 45—55 % Mn und sind sehr arm an Kieselsäure (bis 1,3 %) und Phosphorsäure (bis 0,07 %). Sie sind baryumhaltig. Sie werden von Rio de Janeiro aus nach Nordamerika exportiert. H. R. Scott schätzte die bauwürdige Erzmenge auf 2 Mill. t.

Abweichend von denen bei Miguel Burnier liegen nach den Untersuchungen von O. A. Derby[1]) die geologischen Verhältnisse der Manganlagerstätten des Queluz (Lafayette) Distriktes des Staates Minas Geraës. Hier finden sich die Erzkörper inmitten von gneis- und granitartigen Gesteinen. Es lassen sich mindestens drei erzführende Zonen unterscheiden: 1. eine westliche mit den beiden großen Gruben Piquiry und São Gonçalo, die 3—4 km voneinander auf demselben Höhenzug liegen; 2. eine östliche mit Morro da Mina und Agua Limpa als Endpunkten; 3. eine zentrale mit der auflässigen Grube Barroso. Die Nebengesteine sind bei allen diesen Vorkommen tonig zersetzt und zeichnen sich durch einen Gehalt an Graphit aus. Die Erze scheinen größtenteils sekundär aus der chemischen Umbildung eines eigentümlichen, von O. A. Derby als Queluzit eingeführten Silikatgesteines entstanden zu sein. Dieses besteht ursprünglich vorwiegend aus einem ganz licht gefärbten Mangangranat (Spessartin), der nicht selten Einschlüsse von Graphit führt. Daneben erkennt man einen strahlsteinartigen Amphibol, Glimmer und Quarz, letzteren in sehr wechselnder Menge. Minder häufig sind Ilmenit und Rutil, sowie Apatit beigemengt, dagegen keine Eisenoxyde. Der Mangangehalt einer Durchschnittsprobe des Erzes der Piquiry Grube beträgt 51,40 %, der P-Gehalt 0,13 %, SiO_2 5,02 % (Scott).

O. A. Derby scheint geneigt, das Spessartingestein, das den Ausgangspunkt der Erzbildung darstellt, zu den Eruptivgesteinen zu stellen. Von Queimados im Staate Bahia kennt er übrigens auch ein ähnliches Gestein, das aus einem Mangangranat und einem Manganpyroxen zusammengesetzt ist und mitten im dortigen Granit vorkommt.

---

[1]) O. A. Derby. *On the Manganese Ore Dep. of the Queluz* (Lafayette) Distrikt, Minas Geraës, Brazil. Am. Journ. of Sc. 1901. Vol. XII. p. 18—32.

Weitere Untersuchungen müssen diese Frage noch mehr klären.

In wirtschaftlicher Beziehung ist zurzeit von allen diesen brasilianischen Vorkommen das bedeutendste das von Morro da Mina. Nach einer Schätzung von M. A. R. Lisboa[1]) betrugen am 1. Jan. 1906 die Erzreserven dieser Grube noch über 2040000 t, nachdem bis zu diesem Tage 182480 t ausgeführt worden waren.

Das Exporterz dieser Grube hat nach demselben Autor folgende Zusammensetzung:

Mn	48—50 und selbst 51 %	
P	0,081 %	im Durchschnitt.
SiO_2	3,28 %	
Al_2O_3	7,4 %	
Fe	4,1 %	
CaO	1,5 %	
MgO	0,5 %	
S	0,055 %	

Anders liegen die Verhältnisse bei den bedeutenden Manganerzlagerstätten von Urucum bei Corumbá im Staate Mato Grosso, deren Abbau begonnen hat. M. A. Ribeiro Lisboa[2]) hält sie für rein sedimentäre Bildungen. Der Mangangehalt der Erze schwankt zwischen 42—55 % (meist ca. 50 %).

Ähnliche Lagerstätten werden nach J. C. Branner[3]) in der Pedras Pretas-Grube, 26 km westlich von Nazareth im Staate Bahia ausgebeutet.

4. Die Manganerzlagerstätten Indiens.

An zahlreichen Stellen birgt Vorderindien Manganerze. Wir heben nur einige hervor[4]).

Im Vizagapatam Distrikt zwischen dem Busen von Bengalen und den östlichen Ghats etwa in der Mitte zwischen Madras und Kalkutta dehnt sich ein großes Gebiet von der Erdoberfläche aufgelagerten, in mineralogischer wie chemischer Hinsicht sehr wechselnden Manganerzen aus, die z. B. in der Kodur Grube und in der etwa 20 km davon ent-

---

[1]) M. A. R. Lisboa. *The Manganese Ore Deposit of Morro da Mina.* Brazilian Eng. and Min. Review Vol. III. Nr. 6 and 7. 1907.

[2]) Derselbe. *Oeste de S. Paulo sul de Mato-Grosso.* Rio de Janeiro 1909, p. 72—83.

[3]) J. C. Branner. *The Manganese Deposits of Bahia and Minas, Brazil.* Trans. Am. Inst. Min. Eng. 1900 (M. Sept. 99).

[4]) Nach P. Krusch. *Die Unters. und Bewert. von Erzlagerst.* 1907. S. 462—468.

fernten Garbham Grube abgebaut werden[1]). Altersbestimmungen dieser Erzlager scheinen zu fehlen.

Im Nagpur Distrikt im W. der zentralen Provinzen kommen nach W. H. Hughes[2]) innerhalb der dortigen Kohlenformation rote Tone mit einem bauwürdigen Gehalt an Psilomelan vor.

Im Gosalpur Distrikt im Norden der zentralen Provinzen kennt man an zahreichen Stellen Einlagerungen von manganreichen Roteisenerzen innerhalb von eisenglanzreichen Quarzitschiefern. Die Manganträger sind teils Psilomelan mit Braunit, teils Pyrolusit.

In kurzer Zeit ist über die indischen Manganerzlagerstätten eine größere Publikation von seiten des Geological Survey dort zu erwarten. Schon sind mineralogisch-chemische Studien vorausgegangen, die das Vorkommen mehrerer bisher unbekannter Manganmineralien lehrten: Hollandit, ein Manganat, Blanfordit, ein Manganpyroxen, Winchit und Juddit, Manganamphibole, Vredenburgit, ein stark, Şitaparit, ein schwach magnetisches Eisenmanganoxyd[3]).

Die Produktion indischer Manganerze im Jahre 1906 betrug nach den Records of the Geol. Surv. Vol. 36, p. 2, 1907 503684 metr. t, wovon den Hauptanteil die Zentralprovinzen und Madras hatten.

B. Schichtige Manganerze innerhalb normaler Sedimente.

a) Manganerze im Kambrium Nordamerikas.

In Nordamerika scheint unter den paläozoischen Schichten besonders der kambrische Potsdam Horizont als Manganerzträger eine Rolle zu spielen. Hierher gehören die 40—50% Mn haltenden Lager von Pyrolusit und Psilomelan in einer tonigen Zwischenmasse, wie sie bei Cartersville und bei Cave Spring in Georgia abgebaut werden. In Virginien ist die Grube Crimora im Augusta County die Hauptmangan-

[1]) H. G. Turner. Journ. of the Iron and Steel Inst. 1897, Vol. I, S. 155.

[2]) W. H. Hughes. *Second Note on the materials for iron manufacture in the Rámigany-Coalfield.* Rec. Geol. Surv. India. Vol. VIII, Part 3.

[3]) L. Leigh Fermor. *Manganese in India.* Trans. Min. Geol. Inst. India. 1906, I, p. 76. — Derselbe. *On Hollandite, Psilomelane and Coronadite.* Rec. Geol. Surv. of India. Vol. XXXVI, 4, 1908, p. 295—300. — Derselbe. *Three New Manganese-Bearing Minerals: Vredenburgite, Sitaparite and Juddite.* Rec. Vol. XXXVII, 1908, p. 199—212.

erzgrube der Vereinigten Staaten. Auf dem Potsdamsandstein lagert hier ein Ton, den S. F. Emmons[1]) als Rückstand verwitterten Potsdamschiefers auffaßte. Dieser enthält die Manganerze, vorzüglich Psilomelan, in sehr unregelmäßigen Nestern, Taschen und Trümern. Über den manganhaltigen Tonen folgt der Silurkalk. Wir wollen freilich mit der Einreihung an dieser Stelle nicht das paläozoische Alter der eigentlichen Mangankonzentration behaupten, die vielleicht sogar sehr jung ist. Das Beispiel würde sodann kurz vor den rheinpreußisch-nassauischen Manganlagerstätten (siehe II. S. 235) einzufügen sein.

b) Manganerzlagerstätten im Karbon.

Auf der Grube „Kaiser Franz" unweit von Elbingerode im Harz hat man nach W. Holzberger und C. Zerrenner[2]) bis über 1 m mächtige putzenförmige Einlagerungen von Manganerzen im Kieselschiefer des Kulm abgebaut. Die Erze bestehen aus Psilomelan in dichten und traubigen Massen mit wenig Pyrolusit und Überzügen von Wad. Akzessorisch finden sich Rhodonit und Manganspat beigemengt, auch ist Quarz zugegen. Der Gehalt der von dort früher in den Handel gelieferten Erze betrug durchschnittlich 60—63 % Mangansuperoxyd und stieg bis 67 %.

Zerrenner hält diese Manganerze für spätere Ausscheidungen aus dem Kieselschiefer, eine Frage, die wohl noch weiterer Untersuchung bedarf.

Ebenfalls im kulmischen Kieselschiefer liegen die von Klockmann[3]) erwähnten lagerartigen Vorkommnisse von Rhodonit und Manganspat bei Lautenthal im Harz.

Auch die Manganerzlager bei Alosno nördlich von Huelva in Spanien, die Pyrolusit und Psilomelan enthalten, sollen der Kulmformation angehören. Die Grube Ciceron in diesem Gebiet baute auf Psilomelan und Pyrolusit nebst manganreichem, schwärzlichem Hornstein, die mit Quarz, Eisenkiesel, Jaspis und Asbest zwischen eisenreichem, geröstetem Schiefer eingeschaltet sind. Das Erz der Grube Las Canarias dagegen ist größtenteils Rhodonit. Von 1859—1900 betrug nach

[1]) Trans. Am. Inst. Min. Eng. Chicago Meeting Aug. 1893.

[2]) W. Holzberger. *Neues Vorkommen von Manganerzen bei Elbingerode am Harze.* B.- u. H. Z. 1859, S. 383. — C. Zerrenner. *Die Manganerz-Bergbaue in Deutschland, Frankreich und Spanien.* Freiberg 1861, S. 103.

[3]) B. u. H. d. Oberharzes, S. 65.

P. Krusch die gesamte Manganerzproduktion der Provinz Huelva 1107897 t.

Lager von Psilomelan, Pyrolusit und Brauneisenstein, sowie auch solche von arsenhaltiger Kupferschwärze und Malachit, befinden sich im horizontalen oberkarbonischen (unteren) nubischen Sandstein am Wadi Nasb und Wadi Chalig am Sinai[1]).

Noch wenig bekannt sind uns die wesentlich aus Rhodonit und Psilomelan nebst Pyrolusit bestehenden Manganlagerstätten von Bendemeer, 273 Meilen nördlich von Sidney in Australien.

c) Die mesozoischen Manganerzlager in Bosnien und Chile.

1. Die Manganerze von Čevljanović in Bosnien.

Nach F. Katzer[2]) geht bei Čevljanović nördlich von Sarajevo, nahe an dem 1090 m hohen Grk, bereits seit 1880 ein bedeutender Manganbergbau um. Es ragt dort ein Triasgebiet als Horst aus jüngeren mesozoischen Bildungen, besonders Jura, empor. Dieser Jura, dem die Manganerze angehören, ist wesentlich aus grauen und grünlichen Mergeln zusammengesetzt, denen Sandsteine, Tuffite und aus Radiolarien gebildete Kieselgesteine eingelagert sind. Die Manganerze, in der großen Hauptsache barythaltige Psilomelane, sind an die Radiolarien-Jaspise und deren mehr tonige Begleitschichten gebunden. Während sie in den letzteren Knollen, Nieren und flache Linsen darstellen, die leicht herauswittern, treten sie im Radiolarit selbst als parallele Lagen auf, die häufig in Reihen kurzer Schmitzen sich auflösen (siehe Fig. 307). Diese zweite Art des Vorkommens ist meist nicht bauwürdig, weil auch die Erzlagen noch viel Kieselsubstanz enthalten. Doch kommen auch stärkere und reinere Bänke, die den Abbau wohl lohnen, zwischen den Radiolaritschichten vor.



Fig. 307.
Ortsbild aus der Grk Grube, Manganerzbänder im Radiolarit zeigend,
nach F. Katzer.

[1]) M. Blankenhorn. *Neues zur Geologie und Paläontologie Ägyptens.* Z. f. pr. G. 1899, S. 392.

[2]) F. Katzer. *Die geologischen Verhältnisse des Manganerzgebietes von Čevljanović in Bosnien.* Mit 18 Fig. B. u. H. Jahrb. k. k. mont. Hochschulen. LIV. Bd. 1906, 3. H. Wien 1906.

F. Katzer faßt alle diese Formen von Manganerzen mit Recht als gleichzeitig mit den Kieselgesteinen entstandene Bildungen auf. Nebenbei erwähnt er jedoch auch epigenetische Manganerze in diesem Revier, wenn auch nicht bauwürdige. Diese bestehen aus Psilomelan und einem Polianit ähnlichen Pyrolusit auf Klüften im Radiolarit und im Kalkstein.

Sehr verwickelt ist im einzelnen die Tektonik dieser Lagerstätten, da neben den dinarischen Randverwerfungen des Horstes auch noch albanesische Störungen auftreten. Die manganerzführenden Radiolarien-

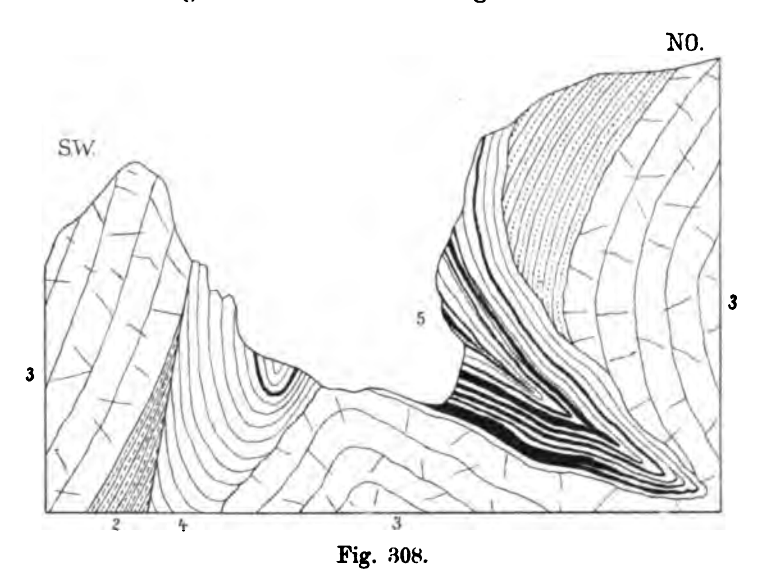


Fig. 308.

Profil durch den Manganerzlagerzug von Dražovići nach F. Katzer.

1 Werfener Sandstein, 2 Werfener Schiefer, 3 Triaskalk, 4 Radiolarit, 5 Manganerzlager. *a* ursprüngliche Oberfläche. Das Profil ist etwa um die Hälfte überhöht.

schichten sind darum vielfach gefaltet, gestaucht, verworfen oder sackförmig ihrer Triasunterlage eingeklemmt, wie das Beispiel in Fig. 308 zeigt.

Die Erze von Čevljanović ergaben in Mittelproben einen Gehalt von 42—48, meist etwa 46 % Mangan (als Metall berechnet), 5—26 % unlöslichen Rückstand und 0,03—0,07 % Phosphor. Die Produktion vom Jahre 1907 betrug 7000 t.

2. Manganerzlager in Chile.

Noch wenig wissenschaftlich untersucht sind die sehr bedeutenden Manganerzlagerstätten in den Distrikten von Coquimbo und von Carrizal in Chile, die von der Chilian Manganese Mining Company ausgebeutet

werden. Nach H. Louis[1]) sind sie einem der Jura- und Kreideformation angehörigen Schichtensystem von Sandstein, Schieferton, Schiefer, Kalkstein und Gips zwischengeschaltet, das unmittelbar auf Eruptivmassen aufruht. Die Erze bestehen aus Manganoxyden, -peroxyden und -silikaten in Verbindung mit kieseliger, kalkiger und barytischer Gangart, mit einem Mangangehalt von etwa 50 % und einem sehr niedrigen Phosphorgehalt. Die Manganerzproduktion Chiles erreichte 1890 mit 50000 t den Höhepunkt, ist jedoch 1903 auf 17110 t zurückgegangen.

d) Die oolithischen Manganerze des Eozäns in Transkaukasien und Südrußland.

Das Hauptvorkommnis von Manganerzen in **Transkaukasien** liegt bei Tschiatura (Tschiaturi) am Kwirila-Fluß (Kwrilli) im Gouvernement Kutais, 42 km von der Eisenbahnstation Kwirila an der Bahnlinie Tiflis-Poti[2]). Die Erze bilden eine Einlagerung im Eozän, das hier mit annähernd horizontaler Lagerung Kalke und Mergel des Turon bedeckt, die ihrerseits unterhalb von Tschinopoli von Granit unterteuft werden. Das Eozän beginnt mit einem 0,4—5 m mächtigen, roten oder grünlichen Sand, der Zähne von Lamna elegans enthält. Über diesem folgt das durchschnittlich 2 m, stellenweise bis 5 m mächtige Manganerzflötz, das aus 5—12 Bänken festen, oolithischen Pyrolusites mit einem Bindemittel von pulverigem Erz zusammengesetzt ist. Es streicht nahe unter dem Rande der niedrigen Plateaus zu Tage aus, in die das Tertiär durch die Erosion des Kwirila und seiner Seitenbäche zerlegt worden ist. Das Hangende bilden jüngere tertiäre Sande und Kalksteine. Das Erzlager kann angeblich auf eine Länge von 120 km verfolgt werden, sodaß noch Vorräte auf sehr lange Zeit vorhanden sind.

Der durchschnittliche Mangangehalt der Erze wird von F. Drake auf 40 bis 45 % geschätzt, innerhalb gewisser Areale steigt er auf 50 %. Das von tauben Massen befreite Erz, wie es exportiert wird, enthält im Durchschnitt 51—52 %, zuweilen bis 61 % des Metalles bei einem Phosphorgehalt von durchschnittlich 0,16 % und Kieselsäure nicht über 8 %.

Nach demselben Autor ergab eine vollständige Analyse gereinigten Exporterzes von Tschiatura:

---

[1]) Phillips-Louis. *Ore Deposits*. 1896, p. 878.

[2]) Wichtigste Literatur: A. Macco. *Reisebericht*. Z. f. pr. G., 1898, S. 203. — F. Drake. *The Manganese-Ore Industry of the Caucasus*. Trans. Am. Inst. Min. Eng., 28. Bd., 1899, S. 191—208. — A. Kandelaki. *Das kaukasische Manganerz*. Essener Glückauf 1905, S. 764—767.

MnO_2 . .	86,25 Proz.	$Na_2O + K_2O$.	0,22 Proz.
Mn_3O_4 . .	0,47 „	SiO_2	3,85 „
Fe_2O_3 . .	0,61 „	CO_2	0,63 „
CuO . .	0,01 „	S	0,23 „
NiO . .	0,30 „	P_2O_5 (P = 0,14)	0,32 „
Al_2O_3 . .	1,74 „	H_2O	1,85 „
CaO . .	1,73 „	Sa.:	99,95 Proz.
MgO . .	0,20 „	Mn	54,90 „
BaO . .	1,54 „		

Als für den Versand ungünstige Eigenschaft der Erze wird ihre bröckelige Beschaffenheit hervorgehoben.

Die Lagerstätte wurde 1848 von dem Geologen Abich entdeckt und wird seit 1879 für den Export ausgebeutet. Die Produktion in Summa hat bereits über $1^1/_2$ Millionen Tonnen erreicht. Im Jahre 1897 betrug sie 231868 t, 1902 schon 478421 t.

Andere Fundpunkte dieser Art in demselben Gouvernement liegen bei Samtredie und bei Nowo-Senaki.

Die Manganerzlager im Gouvernement Jekaterinoslaw[1]).

Hier sind zwei Manganerzgebiete bekannt geworden. Das eine dehnt sich im Westen von Nikopol am Tschertomlyk, der in den Dnjepr fließt, und an der Solenaja auf über 20000 ha aus. Durch Mangan dunkelgefärbte sandige Tone des Oligozäns umschließen regellos verteilte Knollen oder auch ganze Bänke von Pyrolusit. Im Hangenden befinden sich plastische Tone, im Liegenden glaukonitische Sande. Das andere Gebiet im Osten der Stadt liegt, von jenem durch eine altkristalline Region getrennt, bei den Dörfern Krasnogrigorjewka und Gorodistsche. Es ist von ähnlicher Beschaffenheit. Endlich kommen derartige oligozäne Manganerze auch bei Norosselik am Inguletz, unterhalb von Krivoi Rog vor. Der Mangangehalt aller dieser südrussischen Erze schwankt nach P. Krusch zwischen 43—56 %. Die Produktion betrug schon 1894 gegen 58000 t und ist seither bis etwa 75000 t gestiegen.

Ebenfalls sehr jugendlichen Alters sind die mit Opal gemengten Pyrolusite von der Küste der Insel **Klazomene** bei Vurla im Meerbusen von Smyrna, die auf einem Lager von Porzellanerde aufruhen (Mitteil. des Herrn Mauzavinos). Auch die bedeutenden Manganerzlager von Fourkovuni auf **Milo** sind tertiären Alters. Sie sind tonigen Pliozänschichten eingeschaltet, die auf trachytischen Tuffen ruhen.

[1]) N. Sokolow. *Manganerzlager in den tertiären Ablagerungen des Gouv. Jekaterinoslaw.* Mém. du Comité Geol. St. Pétersbourg. 1901, Vol. XVIII, No. 2.

e) Das Manganerzvorkommen von Ciudad Real.

Südlich und südöstlich der Stadt Ciudad Real, der Hauptstadt der gleichnamigen Provinz Spaniens, in der Landschaft La Mancha, hat man in neuerer Zeit Manganerzlagerstätten aufgeschlossen, so besonders bei Ballesteros und bei Villafranca. Nach R. Michael[1]) sind diese Vorkommen lagerförmig ausgebreitete und fluviatil umgelagerte, tonige Zersetzungsprodukte von Basalten. Der Mangangehalt ist innerhalb dieser braungefärbten Schichten in Gestalt von regellos angeordneten Körnern, Schnüren, Bändern, Knollen und Linsen von Psilomelan konzentriert. Im Gebiete der anstehenden Basalte selbst treten die Manganerze zurück und Eisenerze walten vor. Die Erze lassen sich leicht durch Baggerbetrieb und einfache Waschprozesse gewinnen. Die Konzentrate halten 36—54, ausnahmsweise bis 57 % Mangan bei 2—5 % Kieselsäure und 0,09—0,27 % Phosphor. Der Eisengehalt beträgt 3—4 %. Sehr bemerkenswert ist ein Kobaltgehalt von 0,14—0,37 %. Nach ihrer basaltischen Herkunft bieten diese Erze übrigens auch gewisse Analogien mit den Eisenerzen im basaltischen Vogelsgebirge (II. S. 235). P. Krusch[2]) schreibt den Manganerzen auf dem Plateau de la Serena nahe der Station Val de Peñas, die er als Pyrolusit bezeichnet, miozänes Alter zu und vergleicht sie mit den kaukasischen.

f) Rezente marine Absätze von Manganerz.

Von großer Bedeutung für die Genesis der Manganerzlager ist der Nachweis des häufigen Vorkommens von Mangan-Eisenkonkretionen von unregelmäßig flacher Form auf dem Meeresboden in 1800—3000 m Tiefe. Im Gebiete des Golfstromes fand der Albatros den Meeresgrund davon bedeckt. Es befanden sich Stücke darunter von 2—15 cm Dicke und 10 kg Schwere, deren Unterseite oft aus zähem, blauem Ton bestand.

Auch im fein verteilten Zustand gehören nach J. Walther[3]) Manganoxydhydrate in Verbindung mit Eisenoxydhydraten zu den am meisten verbreiteten Stoffen in marinen Sedimenten; alle Steine, Muscheln, Kalkalgen, Kalkbruchstücke, welche in 90 m Tiefe den Meeresboden bei Millport (Schottland) bedecken, zeigen dünne, schwarze, abwischbare Überzüge von Manganverbindungen. Der Challenger be-

[1]) R. Michael. Z. f. pr. G. 1908, S. 129—130 und in der Ungar. Montan-Ind.- und Handelszeit. vom 15. Mai 1908.

[2]) P. Krusch. *Unters. u. Bew. von Erzlagerst.* 1907, S. 390.

[3]) J. Walther. *Einleitung in die Geologie.* Jena 1893/94, S. 700.

obachtete ähnliche Manganüberzüge auf Pteropoden- und Globigerinenschalen aus 2560—2743 m Tiefe und bestätigte die große Verbreitung der erwähnten Mangankonkretionen in den Tiefseeablagerungen des Indischen und Pazifischen Ozeans, in der Nähe vulkanischer Inseln auch des Atlantischen Ozeans[1]). Die Herkunft des Mangans aus am Meeresgrund allmählich umgewandeltem, vulkanischem Gesteinsmaterial erscheint darum nicht zweifelhaft.

g) Rezente Manganwiesenerze und Manganseeerze.

Schon bei Besprechung der Raseneisenerze (Wiesenerze) und Seeerze wurde deren Mangangehalt erwähnt. Dieser vermag bis zur Herausbildung eigentlicher Manganerze zu steigen, die aber im geologischen Sinne mit jenen Eisenerzen eine Einheit bilden und genetisch in gleicher Weise zu erklären sind.

Die Manganwiesenerze haben eine ziemlich lockere Beschaffenheit und dunkelbraune bis schwarze Färbung. Ihr Mangangehalt, der bei dem getrockneten Erz von etwa 40—50 % schwankt, ist in der Form von mulmigem Wad zugegen, dem mehr oder weniger Eisenocker, tonige und sandige Bestandteile, wie auch vegetabilische Reste, ähnlich denen im Raseneisenerz beigemengt sind. Der Phosphorsäuregehalt ist meist ein geringer, etwa 0,03—0,1 %, desgleichen der Schwefelgehalt nur etwa 0,01—0,1 %. Beim Trocknen zerfallen die von Haus aus sehr wasserreichen Massen größtenteils zu Pulver und müssen daher für den Hochofenbetrieb brikettiert werden. Auch kalkhaltige Varietäten, bis 2 % CaO, sind bekannt. Manganwiesenerze bilden sich an Stelle gewöhnlicher Raseneisenerze dort, wo durch die Verwitterung aus manganreichen Gesteinen fortwährend neue Manganverbindungen, vorzüglich Karbonate, frei gemacht und mit den Sickerwasserabflüssen Einsenkungen der Erdoberfläche mit schwer durchlässigem Untergrund zugeführt werden. In erster Linie sind die Manganspender solche Gesteine, auf deren Klüften man häufig manganreiche Dendriten zu finden pflegt, wie z. B. Quarzporphyre, viele Granite, manche Kalksteine.

Ein ausgezeichnet typisches Beispiel hat uns J. H. L. Vogt[2]) geschildert, der überhaupt zuerst diesen Manganerztypus herausgehoben hat:

---

[1]) Gümbel. *Über die Manganknollen im Stillen Ozean.* Sitzb. der K. Ak. München 1878. — Murray-Irvine. *On the manganese oxides and nodules in marine deposits.* Trans. Roy. Soc. Edinb. Vol. 38, 1894.

[2]) J. H. L. Vogt. *Über Manganwiesenerz und über das Verhältnis zwischen Eisen und Mangan in den See- und Wiesenerzen.* Z. f. pr. G., 1906, S. 217—233.

Bei Glitrevand in Lier, 12—15 km in NNW. von Drammen im südlichen Norwegen dehnt sich ein großes Gebiet von Quarzporphyr aus, der 0,03 % MnO und 1,34 % Fe_3O_4 enthält. In einer Anzahl morastiger Täler dieser Gegend lagert unter einer dünnen Torfdecke und auf glazialen Tonen, Sanden und Geröllen Manganwiesenerz in einer Mächtigkeit von meist $^3/_4$—1 m. Wie man aus dem umstehenden Vogtschen Profil in Fig. 309 ersieht, wird das Lager häufig an der Talflanke von steinigem Porphyrschutt überdeckt.

Ähnliche Lagerstätten sind aus mehreren anderen Teilen Norwegens und Schwedens bekannt. In Nordamerika sind solche gelegentlich auch abgebaut worden, so in Knox, Oxford und Hancock Counties im Staate Maine, an verschiedenen Punkten in den Staaten New Hampshire,

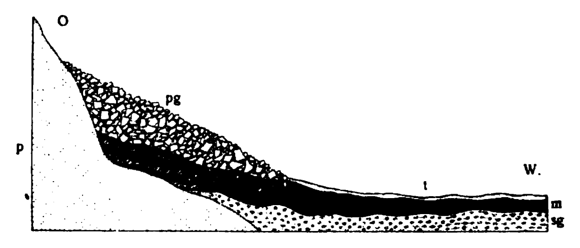


Fig. 309.
Manganerzlager im Borvik-Tal nach J. H. L. Vogt.
p Quarzporphyr, *pg* Gerölle dieses Gesteins, *t* Torf, *m* Manganwiesenerz mit Zwischenlagen von *sg* glazialen Tonen, Sanden und Geröllen.

Vermont, Massachusetts, Rhode Island, New York und Pennsylvanien, ferner in Nova Scotia und New Brunswick[1]). Aus dem Ural hat J. Strishow Mangansumpferze beschrieben[2]).

Daß auch die Seeerze (siehe II. S. 394) mehrfach als Manganerze ausgebildet sein können, geht aus den von Vogt zitierten 18 Analysen finländischer Seeerze von Johs. Aschan[3]) hervor. Diese geben Gehalte von MnO_2 von 3,28—46,24 % an. Die manganreichsten Abarten enthalten schwarze runde Konkretionen von 1—4 cm Durchmesser, die getrocknet zu Pulver zerfallen.

Ähnlich beschaffen scheinen die Manganerze im Überschwemmungsgebiet des Amazonas zu sein, die F. Katzer[4]) beschrieben hat.

[1]) *Mineral Resources of the U. S.* Geol. Surv. for 1900 by J. Birkenbine, p. 127.

[2]) J. Strishow. *Die Manganerzlagerstätte von Marsjata im Bogoslowskischen Bergrevier.* Referat N. Jahrb. f. Min., 1901, II, S. 406.

[3]) Johs. Aschan. *Om några förekomster of manganrik sjömalm i norra Savolax.* Helsingfors 1906. Föredrag. Finska kemist.

[4]) F. Katzer. *Ein eigentümliches Manganerz des Amazonasgebietes.* Österr. Zeitschr. f. d. B.- u. H.-W., 1898, S. 41—46.

Achter Abschnitt.

Trümmerlagerstätten.

Unter Trümmerlagerstätten versteht man aus der Zerstörung und Umlagerung primärer Lagerstätten entstandene, sekundäre Erzansammlungen. In der Hauptsache haben sich diese beiden Vorgänge auf mechanische, zum Teil aber auch auf chemische Art vollzogen. In beiden Fällen war das Wasser das Hauptwerkzeug, dessen sich hierbei die Natur bediente. Solche Zerstörungen und Umlagerungen von primären Lagerstätten können bereits in weit entlegenen geologischen Perioden stattgefunden haben, aber nur verhältnismäßig selten sind deren Erzeugnisse aus so alter Zeit uns in erkennbarem Zustand überliefert worden. In großer Zahl dagegen finden sich solche Trümmerlagerstätten unter den tertiären und quartären Gebilden der Erdkruste. Man hat sich daran gewöhnt, die quartären und auch noch die tertiären Trümmerlagerstätten unter der Bezeichnung Seifen zusammen zu fassen, diesen Ausdruck aber nicht auf die genetisch sonst ganz gleichwertigen älteren Trümmerlagerstätten anzuwenden, höchstens solche gelegentlich als „fossile Seifen" anzusprechen.

A. Ältere Trümmerlagerstätten.

a) Trümmerlagerstätten von Eisenerzen.

1. Trümmerlagerstätten von Brauneisenerz in der Kreideformation.

α) In der Unteren Kreide.

Die Eisenerze von Salzgitter und von Dörnten nördlich von Goslar[1]).

Diese ökonomisch recht bedeutenden Eisenerzlagerstätten gehören dem Neokom oder Hils an, das in dem Salzgitterer Höhenzug zugleich

[1]) Das Folgende ist ein Auszug aus einem uns freundlichst zur Verfügung gestellten Manuskript von Herrn Regierungs-Baumeister Hoyer in Hannover.

mit jurassischen und triasischen Schichten einen nach NNW. streichenden, steil aufgerichteten, schmalen Sattel bildet und demgemäß in zwei annähernd parallelen Zonen zu Tage ausgeht.

Bei Salzgitter baute man früher, und weiter südlich bei Dörnten baut man noch heute auf einem 3—25 m mächtigen, deutlich geschichteten Lager. Dieses besteht aus gerundeten oder eckigen Brauneisensteinfragmenten, sowie auch einzelnen Phosphatknollen, die durch ein eisenschüssiges, zum Teil etwas kieseliges, aber sehr kalkarmes Bindemittel verkittet sind. Die Fragmente stammen aus dem mittleren und unteren Dogger, dem Lias, Keuper, Muschelkalk und Buntsandstein. Recht häufig sind unter diesen Massen abgeriebene Liasammoniten. Daß die Ablagerung der Eisensteingerölle zur Neokomzeit erfolgte, beweisen die miteingeschlossenen Cephalopoden dieser Stufe, vorzüglich Arten von Perisphinctes und Olcostephanus, mehr nach Süden zu auch Belemnites subquadratus Röm.

Das Liegende bilden im Norden alle möglichen Schichten vom Keuper bis zur Parkinsoni-Zone des Doggers, im Süden solche von den Rogensteinbänken des Buntsandsteins bis zur Opalinus-Zone des Doggers. Als Hangendes trifft man verschiedene Schichten vom mittleren Gault bis zu den Minimus-Tonen des Oberen Gault. Das Lager ist demnach entstanden aus der Zerstörung, Aufbereitung und teilweisen Wiederablagerung der betreffenden jurassischen und triasischen Gesteinsmassen. Es ist eine litorale Bildung des transgredierenden Meeres der älteren Kreidezeit, in welcher die ursprünglich in den verschiedensten älteren Horizonten nur spärlich verbreiteten Eisensteine vermöge ihrer Widerstandskraft gegen die Zerstörung durch das Wasser sich konzentriert haben.

Über die chemische Zusammensetzung der Erze von Salzgitter geben folgende Analysen Aufschluß.

	I.	II.	III.
SiO_2	19,32 %	19,73 %	19,66 %
Fe_2O_3	52,09 „	52,79 „	52,66 „
Mn_2O_3	1,07 „	0,57 „	1,15 „
Al_2O_3	4,36 „	3,55 „	4,68 „
CaO	5,27 „	4,47 „	7,54 „
P_2O_5	1,67 „	0,99 „	1,73 „
H_2O und CO_2 (gebunden)	12,21 „	11,63 „	13,01 „
H_2O (hygroskopisch)	4,00 „	5,28 „	
Fe	36,46 „	36,96 „	36,86 „
Mn	0,75 „	0,40 „	0,80 „
P	0,73 „	0,42 „	0,76 „

Nach R. Boettger enthalten manche Proben des Eisensteins von Salzgitter Vanadin.

Der Abbau in größerem Stile begann in den 50er Jahren des 19. Jahrhunderts. Die Grube Georg Friedrich bei Dörnten förderte 1905 65082 t, die Bieberergrube 53126 t.

β) *In der Oberen Kreide.*

Die Eisenerze von Ilsede[1]).

Südlich von Peine in der Provinz Hannover, in der Umgebung der Groß-Ilseder-Eisenhütte, werden seit 1860 auf zwei Zechen Eisenerzflötze abgebaut, die der senonen Quadratenkreide zwischengeschaltet sind: 1. zwischen Adenstedt und Groß-Bülten, 2,5 km in W. von Ilsede kennt man ein Flötz von 8—9 m Mächtigkeit, das auf 4 km streichende Länge aufgeschlossen ist; 2. zwischen Lengede und Bodenstedt, 10 km in SW. von der Hütte, baut man auf einem solchen von 2,2—7 m Mächtigkeit, dessen streichende Länge auf 2,1 km verfolgt werden konnte. An beiden Abbaupunkten stellt das Flötz mitsamt seinem Liegenden und Hangenden den einen stark abgesunkenen und vielfach von Verwerfungsklüften durchzogenen Flügel eines Gebirgssattels dar, dessen Gegenflügel durch Denudation größtenteils wieder verschwunden ist. Überreste des Flötzes im Diluvium von Hohenhameln und Hoheneggelsen, sowie von Ilsede sprechen u. a. für eine ehemals viel weitere Erstreckung nach Süden hin.

Die Zugehörigkeit zur Quadratenkreide wird durch die im Bindemittel dieser Trümmerlagerstätte reichlich vorhandenen Petrefakten bewiesen, wie Ostrea diluviana Sow., Janira quadricostata Sow., Terebratulina striata d'Orb., Belemnitella quadrata d'Orb., sowie durch mächtige, bis 95 cm große Ammoniten aus dem Subgenus Placenticeras. Auch folgt im Hangenden, wo dieses nicht später denudiert ist, überall typische Quadratenkreide. Da ferner im Liegenden zwischen Adenstedt und Gr.-Bülten Gault-Tone, bei Lengede-Bodenstedt dagegen teils Brongniarti-, teils roter Mytiloïdes-Pläner, also Unter-Turon folgt, muß man schließen, daß das Erz transgredierend auf älteren Kreideschichten abgelagert ist.

Seiner Beschaffenheit nach besteht das Erz aus nuß- bis faustgroßen, eckigen und scharfkantigen, sowie auch aus deutlich gerollten, kugelrunden bis ellipsoidischen Brauneisensteinstücken, die durch einen gelbbraunen Mergel oder einen erdigen Brauneisenstein verkittet werden. Ein Teil der Gerölle erweist sich als hohle Geoden, deren Wandung

[1]) A. v. Strombeck. *Über die Eisensteinablagerung bei Peine.* Z. d. D. G. G., IX. Bd., 1857, S. 313—322. — D. A. Brauns. *Über die obere Kreide von Ilsede bei Peine usw.* Verh. d. naturh. Vereins zu Bonn. 31. Bd. — Derselbe. *Über das Eisensteinlager von Ilsede.* Z. f. d. ges. Naturw. zu Halle. XLIII. S. 280. — Das Folgende verdanken wir wesentlich einer brieflichen Mitteilung von Herrn Hoyer.

Krustenstruktur verrät, und deren Innenraum häufig Drusen von Pyrolusit, Psilomelan, Kalkspat und Manganspat enthält.

Die Brauneisensteinfragmente, wie auch die nicht selten sie begleitenden Phosphoritknollen stammen aus dem abradierten Gault, denn sie umschließen häufig Reste von Acanthoceras Milletianum d'Orb. und A. Cornelianum d'Orb., wie sie für den Gault dieser Gegend charakteristisch sind. Diese Trümmer stellen die widerstandsfähigsten, vom transgredierenden Meere aufbereiteten Teile der zerstörten Gaultschichten dar. Jurassische Reste dagegen wurden darin nicht gefunden. Ganz unzutreffend ist nach dem Gesagten die bisweilen für diese Erze angewandte Bezeichnung Bohnerze.

Es ist selbstverständlich, daß die chemische Zusammensetzung eines derartigen Gebildes eine sehr schwankende sein muß, sodaß eine Durchschnittsanalyse mehr nur technischen Wert hat. Sie lautet für die Ilseder Eisenerze, wie folgt:

Fe	34,8 %	$CaCO_3$	10,0 %
Mn	3,9 „	P	1,1 „
SiO_2	6,6 „	S	. . . Spuren.
Al_2O_3	3,4 „	MgO	

Das Erz bricht, für die Verhüttung vorteilhaft, in großen Stücken.

Die Jahresproduktion der Eisenerzgruben der Gegend von Peine betrug 1905 585921 t, 1907 103013 t.

Ganz analoge, doch nur sehr geringmächtige Vorkommnisse kennt man auch am Gehrdener Berge bei Hannover.

2. Trümmerlagerstätten von Magnet- und Roteisenstein im Tertiär.

Hierher gehört ein nicht unbedeutendes Vorkommnis auf dem breiten Bergrücken Pojana Wertop 4 km in S. von Bogschan in Südungarn. Es besteht aus fluviatilen Schottern von tertiärem, nach J. Halaváts[1]) wahrscheinlich sarmatischem Alter. Als Material dieser Schotter, die auf kristallinem Kalkstein des Glimmerschiefergebirges aufruhen, erkennt man die typischen Gesteine der Erzzone Dognacska-Moravicza (I. S. 112), u. a. neben verschiedenen kristallinen Schiefern und Banatiten kristallinen Kalkstein, Granatfels, Magnetit und Hämatit. Letztere beiden finden sich in abgerundeten Geröllen und Blöcken bis

---

[1]) J. Halaváts. *Ber. über die Aufnahme bei Bogschan.* Jahresb. d. kgl. ungar. geol. Reichsanst. 1889. — Siehe auch Anonymus. *Das Eisenerzvork. im sarmatischen Schotter der Pojana Wertop.* B. u. H. Z., 1896, S. 53—55.

Hier möge zur Literatur auf I. S. 113 über das Banat die seit dem Druck dieses Abschnittes erschienene Arbeit nachgetragen werden: P. Rozlozsnik und K. Ernszt. *Beitr. zur genaueren petrogr. und chem. K. der Banatite des Komitates Krassó-Szörény.* Mitt. Jahrb. k. ung. geol. Reichsanst. XVI. Bd., 4. H., 1908 (deutsch). Die wichtigen Ergebnisse dieser Forscher konnten so leider nicht mehr berücksichtigt werden.

zu einer Schwere von 7—8 t. Sie sind namentlich in den tiefsten Lagern der bis 50 m mächtigen Schotter konzentriert und werden aus den durch Tagebaubetrieb geförderten Massen ausgelesen, soweit ihr Durchmesser 5 cm übersteigt. Das Verhältnis der Eisenerzgeschiebe zu den mit geförderten praktisch tauben Massen schwankt zwischen 1 : 19,2 und 1 : 33,2. Im Jahre 1894 wurden dort 4100 t Erz produziert.

b) Ältere Trümmerlagerstätten von Golderz.

1. Die Gold führenden kambrischen Konglomerate der Black Hills in Dakota.

Nach W. B. Devereux[1]) besteht das Grundgebirge in der Nähe dieser Lagerstätte aus stark metamorphen paläozoischen (algonkischen) Schiefern, die das Golderzfahlband der II. S. 121 beschriebenen berühmten

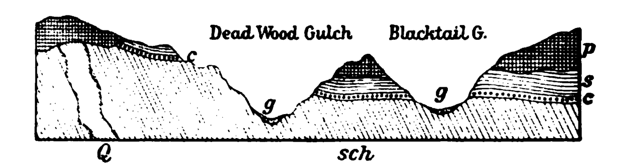


Fig. 310.
Ideales Profil durch die Goldlagerstätten der Black Hills nach Devereux.
sch metamorphe Schiefer, *Q* Goldquarzgang (Homestake Vein), *s* Potsdam-Sandstein, *c* Gold führende Konglomerate, *p* Porphyr, *g* junge Goldseifen.

Homestake-Grube[2]) eingeschaltet enthalten (siehe das Profil Fig. 310). Diskordant auf diesem steil aufgerichteten Schiefergebirge lagert fast horizontal das Kambrium. Es besteht zuunterst aus Konglomeraten, die vom Detritus der Schiefer gebildet sind. Sie sind am Ausstrich jener Golderzzone nicht entwickelt, setzen aber in dessen unmittelbarer Nachbarschaft an und nehmen von dort ab an Mächtigkeit zu, stellenweise bis auf etwa 30 m. Sie bestehen aus teilweise eckigen, meist aber aus gerundeten Fragmenten von Schiefer und etwas Roteisenstein und gehen nach oben hin in Sandsteine über, die das Hangende bilden. Diese Sandsteine führen unzweifelhafte Petrefakten der kambrischen

---

[1]) W. B. Devereux. *The occurrence of gold in the Black Hills.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., 10. Bd., 1882, p. 465—475. — F. C. Smith. *The Potsdam Gold-Ores of the Black Hills.* Ebendort. 27. Bd., 1898. — J. D. Irving. *Econ. Resources of the Northern Black Hills.* Prof. Paper U. S. Geol. Surv. No. 26, 1904, p. 109—111.

[2]) Die Homestake-Grube hatte 1903 die größte Goldproduktion der Welt. Sie erzeugte jährlich 1,4 Millionen t Erz und Gold im Werte von 20 Millionen Mark.

Potsdam-Stufe mariner Entwicklung. Sie werden von einer Porphyrdecke überlagert, die einen Teil des Ausstriches der Homestake-Lagerstätte unmittelbar verhüllt.

Das Gold findet sich in bauwürdiger Menge nur in den Konglomeraten und ist darin besonders unmittelbar auf der Auflagerungsfläche konzentriert, namentlich in den Mulden und Rinnen derselben. Gewöhnlich war bloß eine 1,5—1,8 m mächtige unterste Partie der Konglomerate bauwürdig. Das Gold bildet häufig gerundete, ohne Zweifel mechanisch zugleich mit den Geröllen zugeführte Körnchen, wie in echten Seifen, ausnahmsweise auch einmal ein Klümpchen bis fast 4,5 g im Gewicht. Jedes Körnchen hat eine Hülle von Eisenoxyd, das auch das Zement der Konglomerate darstellt. Daneben kommt das Gold aber auch in anderer Ausbildung vor, die nur auf chemische Ausscheidung hindeuten kann, nämlich als dünne, zusammenhängende Häutchen zwischen Spaltflächen von Schieferbrocken und als feiner Staub zwischen den Schieferlagen des unmittelbar unter den Konglomeraten anstehenden Gebirges.

Auf dem Grunde der Deadwood- und der Blacktail-Schlucht, die in die goldführende Formation, sowie in das Grundgebirge eingeschnitten sind, hat man früher auch alluviale Goldseifen betrieben, die das Metall an tertiärer Lagerstätte enthielten.

Nach J. D. Irving[1]) führen übrigens auch die hangenderen kambrischen Schichten, z. B. die Schiefer und Sandsteine am Spearfish Creek Gold, wenn auch nicht in bauwürdiger Menge.

Wie bereits II. S. 297 mit Fig. 273 gezeigt worden ist, enthält die kambrische Formation derselben Black Hills noch andere Golderzlagerstätten eingeschaltet, die durch eine nachträgliche Vererzung kalkiger Gesteine entstanden sind.

2. Gold führende Trümmerlagerstätten der Karbonformation.

Aus Australien kennt man schon seit längerer Zeit schichtige Goldlagerstätten in der Karbonformation. So hat R. Daintree[2]) das Vorkommen von Gold in vom Wasser gerundeten Teilchen in einem Konglomerat der Glossopteris-Stufe des Karbons bei Peak Downs in Queensland beschrieben. Ebenso ist bekannt[3]), daß die untersten Bänke des Karbons, die im Gebiet nördlich von Gulgong in New-South-Wales weite Strecken bedecken, stellenweise einen zahlbaren Goldgehalt führen. Dem gleichen Niveau gehören die von Clarke entdeckten Gold führenden Konglomerate von Tallawang im Phillips County derselben

---

[1]) J. D. Irving. *A Contribution to the Geology of the Northern Black Hills.* Annals New York Ac. of Sc., Vol. XII, No. 9, p. 296.

[2]) R. Daintree. *Occurrence of gold in Australia.* Quart. Journ. Geol. Soc. 1878, 34. Bd., p. 435.

[3]) Phillips-Louis. *Ore Deposits.* 1896, p. 649.

Kolonie an. In Tasmanien wurde Gold in den Kohlenschichten von Hobart gefunden[1]).

Für Amerika würde an das von Dawson und F. Harth[2]) beschriebene Beispiel von Corbetts Mills im Colchester County von Neu-Schottland zu erinnern sein, wo sich gerundete Goldkörnchen in einem karbonischen Konglomerat finden, das übrigens von Goldquarztrümern durchsetzt wird.

Selbst europäische Lagerstätten dieser Art sind schon länger bekannt. So ist in den unterkarbonischen Konglomeraten von Bessèges im südlichen Frankreich (Dép. Gard) nach Phillips auf Gold gebaut worden[3]).

3. Golderzlager der mesozoischen Formationen.

Besonderes Interesse verdienen unter diesen die goldführenden Konglomerate der jurassischen marinen Mariposa-Formation im Placer-County der Sierra Nevada in Kalifornien. Nach W. Lindgren[4]) enthalten sie neben sehr fein verteiltem Gold noch Pyrit, aber keinen Magnetit und Ilmenit. Da diese Mariposa-Schichten von einigen der größten Goldquarzgänge der Sierra Nevada durchsetzt werden, ist zugleich durch diese Konglomerate, falls ihr Goldgehalt wirklich nicht durch spätere Imprägnation entstand, eine noch ältere, jetzt zerstörte Generation von primären Goldlagerstätten in Kalifornien angezeigt.

Andere goldführende mesozoische Konglomerate kennt man im nördlichen Landesteil von Kalifornien am Klamath-Fluß und im Siskiyou County. Diese wurden von Dunn als alte Flußseifen betrachtet, enthalten aber nach Siller[5]) marine Petrefakten. Das Gold ist hier von Roteisenerz und Pyrit begleitet.

Auch in Australien sind mesozoische goldführende Sedimente verbreitet, besonders in Neuseeland. In den Distrikten von Otago, Nelson und Southland trifft man in dieser Kolonie solche im Jura, am Mt. Buster in der Kreide an[6]).

---

[1]) Phillips-Louis. *Ore Deposits.* 1896, p. 649.

[2]) Nach G. Becker, zitiert in Z. f. pr. G., 1898, S. 217.

[3]) Nach G. Becker, ebenda, S. 216.

[4]) W. Lindgren. *An Auriferous Conglomerate of Jurassic Age from the Sierra Nevada.* Am. Journ. Sci., III. Ser., 48. Bd., 1894, p. 275.

[5]) Zitiert nach Z. f. pr. G., 1898, S. 216.

[6]) H. A. Gordon. *Hysteromorphous Auriferous Deposits of the Tertiary and Cretaceous Period in New Zealand.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., 25. Bd., 1896, p. 292.

Die noch 1560 betriebenen Goldseifen[1]) an der Paulsdorfer Heide bei Dippoldiswalde in Sachsen erhielten das spärliche Edelmetall aus den konglomeratischen Schichten des Cenomans an der Basis der Kreideformation.

Tertiäre Goldlagerstätten, die nun schon ganz den Charakter echter Seifen tragen, werden wir bei der Beschreibung der letzteren erwähnen.

c) Ältere Trümmerlagerstätten mit Kupfer- und Bleierzen.

Die Kupfer- und Bleierzlagerstätten vom Cap Garonne bei Toulon.

Nach B. Lotti[2]) ist in der Gebirgskette Des Maures östlich von Toulon und in dem französischen Abhang der Seealpen die Übergangszone zwischen Perm und Trias in Gestalt von Quarzkonglomeraten entwickelt, die am Cap Garonne eine 0,5—1,2 m mächtige, erzführende Zone einschließen. Die Gerölle des Konglomerates bestehen aus einem Gangquarz und sind durch ein Kaolin- oder Glimmerzement verbunden, worin im oberen Teile Körnchen und Kristalle von Bleiglanz mit Baryt, im unteren dagegen Kupferschwärze (Melakonit), vermischt mit Kupferglanz und Resten noch unzersetzten Kupferkieses sich finden. Aus dem Vorkommen von Kupferglanz im Innern von großen Quarzgeröllen und von Bruchstücken von Kupferkies im Zement schließt B. Lotti, daß hier eine echte Trümmerlagerstätte vorliegt. Die primären Vorkommnisse sieht er in dem älteren, das Perm unterlagernden kambrischen und archäischen Gebirge. In diesem findet man tatsächlich viele Quarzlinsen und Quarzgänge mit Bleiglanz, Zinkblende, Kupferkies und Bournonit, die bei Bormettes, Verger, Rieille, Cogolin u. a. O. abgebaut werden.

Aus dem von B. Lotti hervorgehobenen Umstand, daß in den tieferen Lagen der Konglomerate nur die Kupfererze, in den oberen Bleierze sich finden, möchte S. F. Emmons[3]) schließen, daß auf dieser Lagerstätte doch eine chemische Umlagerung stattfand, die zugleich jene Scheidung der beiden Erze mit sich brachte.

[1]) H. Schurtz. *Der Seifenbergbau im Erzgebirge und die Walensagen.* Stuttgart 1890, S. 118.

[2]) B. Lotti. *Sul giacimento sedimentario cuproplumbifero di Cap Garonne.* Rassegna Min. Vol. XIV, N. 16, 1901. Siehe auch Z. f. pr. G., 1901, S. 281—283.

[3]) S. F. Emmons. Briefl. Mitt. Z. f. pr. G., 1902, S. 126.

B. Die jüngeren Trümmerlagerstätten oder Seifen.

a) Allgemeines über Seifen.

Unter Seifen[1]) versteht man unmittelbar an der Erdoberfläche oder wenigstens sehr nahe derselben liegende, lockere, aus der Zerstörung älterer Lagerstätten hervorgegangene, mehr oder minder gerollte Massen, die gewinnbare Mengen von Erzen oder Edelsteinen einschließen. Nach der Natur des Inhalts werden danach Erz- und Edelsteinseifen zu unterscheiden sein, wovon nach dem Plane dieses Werkes nur die ersteren zu behandeln sind. Da die Erze in den Seifen sich meist auch dem minder geübten Auge leicht verraten, und da sie vor allem gewöhnlich leicht durch einfache Waschprozesse daraus gewonnen werden können, sind die Seifen im Verlauf der Geschichte der einzelnen Länder fast immer die ersten Gegenstände eines Bergbaubetriebes gewesen, infolgedessen aber auch gewöhnlich am frühesten von allen Lagerstätten eines Landes erschöpft worden. So ist z. B. von dem in alten Zeiten nicht unbedeutenden Seifenbergbau in Deutschland und Österreich so gut wie nichts übrig geblieben. In neuentdeckten oder vor kurzem erst der Zivilisation erschlossenen Ländern dagegen sehen wir die Seifenbetriebe als erste Bergbaublüten sich mächtig entfalten. Darum sind wir bei der Auswahl von Beispielen für die Lehre von den Seifen in der Hauptsache auf solche Gegenden angewiesen.

Nach der Art des Gewinn lohnenden Metalles oder Erzes in den Seifen wird man von Goldseifen, Platinseifen, Zinnerzseifen usw. sprechen, während der Ausdruck Eisensteinseifen wenig gebräuchlich ist.

Da die Seifenablagerungen allen Einflüssen der atmosphärischen Luft und des die obersten Bodenschichten durchspülenden Wassers ausgesetzt waren, wird man in der Hauptsache nur schwer lösliche und überhaupt schwer angreifbare, überdies durch große Schwere vor einer leichten Wegschwemmung geschützte Metallverbindungen in ihnen antreffen können, wie besonders schwer lösliche gediegene Metalle (Gold, Platin u. a.) und oxydische Erze (Zinnstein, Magnetit u. a.). Leicht oxydierbare Metalle und Schwefelverbindungen werden im allgemeinen

[1]) Das Wort Seife, mittelhochdeutsch sîfe, verwandt mit sîfen, d. i. tröpfeln, triefen, gleiten, bedeutete zunächst ein Bächlein oder ein von einem Bächlein durchflossenes Tälchen (H. Schurtz).

in den Seifen nicht zu finden sein. Immerhin kommen zuweilen merkwürdige Ausnahmen vor, wie die Blättchen und Stäbchen von gediegen Silber in den Seifen des Shotover Rivers im Gebiet von Otago, Neu-Seeland[1]). Bei der Zerstörung älterer Lagerstätten können auch winzig kleine und sparsam eingestreute Metallverbindungen, wenn sie nur die genügende Widerstandsfähigkeit und Schwere besitzen, erhalten bleiben, und wir sehen so auch sonst höchst spärlich verteilte Metalle, wie das Platin, das auf ursprünglicher Lagerstätte kaum irgendwo die Gewinnung lohnen würde, innerhalb der Seifen in den Bergbau lohnenden Mengen konzentriert.

Nach der Lage der Seifen zu den ursprünglichen Lagerstätten und zum Teil auch nach der Art des natürlichen Aufbereitungsprozesses dieser älteren Massen können zwei verschiedene Gruppen von Seifen unterschieden werden[2]).

1. Örtlich entstandene oder eluviale Seifen.
2. Durch Anschwemmung entstandene Seifen, die ihrem geologischen Alter nach wieder in alluviale, diluviale und tertiäre Seifen zerfallen.

Die örtlich entstandenen Seifen, die übrigens gegenüber den anderen die selteneren sind und jedenfalls, wo sie auftreten, mindere Ausdehnung haben als jene, findet man in unmittelbarer Nähe der ursprünglichen Lagerstätten und ganz unabhängig von fließenden Wasserläufen an Berggehängen, auf Hochebenen, zuweilen sogar auf Berggipfeln. Da sie die Verwitterungsprodukte der älteren Lagerstätten fast ganz unvermischt enthalten, zeichnen sie sich durch eine große Gleichartigkeit ihres Materiales vor den angeschwemmten Seifen aus. Die Rundung ihrer einzelnen Bestandteile ist eine nur ganz geringe, die größeren Fragmente erweisen sich bloß leicht kanten- und eckenbestoßen, auch ist eine Sortierung des Materials nach der Größe nur sehr unvollkommen vor sich gegangen. Wesentlich werden diese Art Seifen geschaffen durch die Arbeit von Luft und Regen, derselben Agentien, deren Tätigkeit wir schon bei der Entstehung der Hutbildungen beobachteten, wie denn überhaupt Hut und örtliche Seifen oft ineinander übergehen. Bei der Zerkleinerung der ursprünglichen Lagerstätten haben außerdem mit Anteil der Wechsel der Temperatur

[1]) Nach briefl. Mitt. von Herrn Dipl.-Ing. Dr. W. Edlinger, der Belegstücke sah.

[2]) B. v. Cotta. *Erzlagerstätten I.* Freiberg 1859, S. 100. — C. Zerrenner. *Anleitung zum Gold-, Platin- und Diamantenwaschen aus Seifengebirge usw.* Mit 3 Taf. 1851.

und bei der Sortierung der Bruchstücke nach der Größe auch der Wind. In wüstenhaften Gegenden und unter einem tropischen Himmel verursachen die außerordentlich großen Temperaturgegensätze zwischen dem Tag mit seiner Sonnenglut und zwischen der schnell hereinbrechenden Nacht mit ihrer gewaltigen Wärmestrahlung eine sehr weitgehende Zerkleinerung des Ausgehenden einer Lagerstätte. Auch harte Massen zersplittern. Wind und Sturm wühlen den so entstandenen Schutt auf, fegen die feineren Teilchen fort und lassen die größeren und zugleich auch von den kleineren die schwereren an Ort und Stelle zurück. Regenschauer schwemmen den schweren Anteil bei etwas geneigtem Gelände wenige Meter abwärts oder breiten ihn auf ebenem Boden allseitig aus. Es hat demnach in den örtlichen oder eluvialen

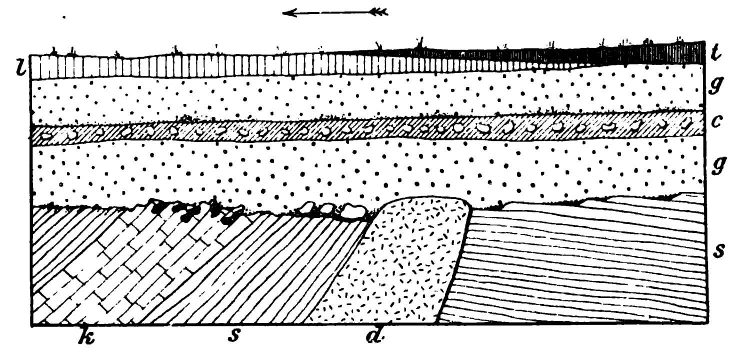


Fig. 311. *Idealer Längsschnitt durch eine Goldseife.*
s Schiefer, *k* Kalkstein, *d* Diabas, *g* Grande und Sande, *c* konglomeratisch verkittete Geröllage, *l* Lehm, *t* Torf, die fein punktierten Partien reich an Gold.

Seifen wohl eine chemische und mechanische Umlagerung des ursprünglich metallhaltigen Materiales an Ort und Stelle stattgefunden, nicht aber ein Transport desselben auf größere Strecken hin.

Im allgemeinen werden sich nach allem eluviale Seifen in trockenen, regenarmen Gegenden besser entwickeln können, als in feuchten.

Die durch Anschwemmung entstandenen Seifen dagegen finden sich nur in Bach- und Flußrinnen, in Süßwasserseen oder in der Küste nahen Meeresteilen. Sie liegen meist innerhalb der heutigen Talläufe oder in der heutigen Litoralzone, werden aber häufig auch innerhalb von hochgelegenen und unter Umständen die heutige Talrichtung schneidenden Zügen fluviatiler Sedimente, alten Talterrassen oder Deckenschottern der Hochflächen (Kalifornien, Ohlapian in Siebenbürgen), sowie endlich auch in alten Küstenterrassen über dem heutigen Meeresspiegel angetroffen. Ihr Material ist immer stark gerollt

und meist nach der Größe der Bestandteile in Schotter, Grand, Sand, Ton, Lehm usw. getrennt. Das gleiche zeigt sich zum Teil auch bei dem darin enthaltenen Erz.

Dieses pflegt bei den durch Anschwemmung entstandenen Seifen in besonderer Weise verteilt zu sein, wie das aus dem schematischen Längsprofil durch eine Goldseife nach Art der uralischen in Fig. 311, S. 427 hervorgeht. Die Teilchen des Schwermetalles haben sich nämlich in auffälliger Weise ganz an der Auflagerungsfläche der angeschwemmten Massen konzentriert, die höher gelegenen Schichten sind gewöhnlich sehr arm und werden als bloßer Abraum überhaupt nicht mit verwaschen. Besonders die größeren Klumpen von Schwermetall, wo solche als Seltenheiten gefunden werden, finden sich fast immer unten an der Basis. Dabei ist der Einfluß der petrographischen Beschaffenheit und der Lagerung des Grundgebirges auf den Reichtum der unmittelbar darauf ruhenden Seifenschichten ein sehr bedeutender. Gesteine, wie Kalkstein und Dolomit, die vom fließenden Wasser derart angegriffen werden, daß sie eine rauhe, löcherige oder gar mit tiefen Schrunden versehene Oberfläche erhalten, fangen in ihren Vertiefungen die Schwermetallteilchen auf, während Gesteine, die vom Wasser glatt gescheuert werden, wie viele feinkörnig kristalline Eruptivgesteine, Diabas u. a., an ihrem Ausgehenden die darüber hinströmenden schweren Körnchen nicht aufzuhalten vermögen. Am besten wirken solche Gesteinsschichten auffangend, die steil geneigt sind und in der Richtung des ehemaligen Flußlaufes einfallen, viel schwächer dagegen horizontale oder schwach rückwärts einfallende Bänke. Solche schieferige Gesteine, die an ihren Schichtenköpfen im Flußbett etwas aufblättern, fangen viele feinste Teilchen von Schwermetallen zwischen den aufgelockerten Schieferungsflächen, sodaß nicht selten, wie am Ural, auch die obersten Lagen anstehender Schiefer mit auf Gold oder Platin verarbeitet werden können. Liegen auf der Sohle der Seife größere Gesteinsblöcke, so sind nicht selten auch zwischen diesen reiche Nester anzutreffen.

Da die Löslichkeit des Goldes in dem Grundwasser, welches die Seifen durchströmt, bis zu einem gewissen Grade möglich ist, kann andererseits ein Teil des Goldes in Klüftchen und Spältchen ihres Felsuntergrundes chemisch wieder abgesetzt werden, wie es mehrfach angenommen worden ist, so von P. Krusch.

Zuweilen kommen auf dem Felsgrund, dem die Seifen aufgelagert sind, schmale Rinnen von längerer Erstreckung vor (channels), die dann besonders reich zu sein pflegen (siehe Fig. 316), oder wohl auch Kessel (pockets), die außerordentlich große Ausbeute spenden. Strom-

abwärts von solchen reichen Kesseln pflegt, wenn der auf ihnen ruhende Abraum gering ist, und eine teilweise natürliche Wiederausräumung Platz greifen konnte, dieser Segen fächerförmig in immer verdünnterer Form sich auszubreiten. Der gut geübte Prospektor vermag daher bisweilen, durch solche Schweife aufmerksam gemacht, die Richtung zu erkennen, wo ein reicher Kessel liegt.

Wo eine Seifenablagerung eine undurchdringliche Schicht eingeschaltet enthält, etwa eine eisenschüssige, fest zementierte Schotter- oder Sandlage, kann sich eine Konzentration des Schwermetalles auch auf dieser Fläche gebildet haben, und alsdann die Seife zwei oder mehr reiche Horizonte enthalten. Dies gilt auch für die Fälle, bei denen Lavaströme, die sich in den Tälern ausbreiteten und zeitweilig den Absatz von Grand, Sand oder Ton unterbrachen, eine solche undurchdringliche Lage darstellen, wie es im westlichen Nordamerika und in Australien öfters beobachtet worden ist.

Da man häufig solche festere Zwischenmassen für das eigentliche Grundgebirge hielt und erst später den Irrtum gewahrte, heißen diese Zwischenmittel auch „falsches Grundgebirge" („false bottom" [Amerika], „loshnyj plotik" [Ural]).

In manchen Fällen wiederholen sich auch in höherem Niveau reiche Lagen. So führt K. Schmeisser[1]) das Profil des Schachtes der Rose United Goldmine bei Hokitika auf der neuseeländischen Südinsel an, worin nicht weniger als acht Zonen mit beträchtlicher, wenn auch nicht durchaus abbauwürdiger Goldführung vorkommen.

Die Mächtigkeit der aufgelagerten armen oder fast tauben Massen, des Abraumes, ist im allgemeinen in der Richtung talabwärts eine wachsende.

Es wäre übrigens irrig, im ganzen Querprofil eines Flußtales diesen Reichtum der untersten Schotter-, Grand- oder Sandlagen vorauszusetzen. Die Anreicherung ist vielmehr auch in diesem Horizont keine allseitige, sondern gewöhnlich nur auf mehr oder minder breite Striche beschränkt, die bald in der Mittellinie des Tales, bald längs einer Flanke desselben sich hinziehen, bald nahe, bald entfernt vom heutigen Wasserlauf. Auch können mehrere solcher reichen Stromstriche nebeneinander im Schwemmland des Tales verlaufen, doch nur im Unterlauf, wo das Gefälle ein geringeres ist.

Um sich die Anreicherung der untersten Lagen der Seifen zu erklären, hat man früher viel von einem natürlichen Aufbereitungsprozeß

---

[1]) K. Schmeisser. *Australasien.* S. 90.

während der Ablagerung gesprochen. Dieser ist in manchen Fällen wohl möglich, in vielen anderen aber kommt man, wie F. Pošepny[1]) richtig bemerkt hat, mit dieser Annahme allein nicht zum Ziel. Das Material einer Seife ist in vielen Fällen durchaus nicht „klassifiziert und sortiert", wie es in der Aufbereitungskunst heißt, sondern Lagen mit sehr verschiedener Größe ihrer Körnchen und Gerölle wechseln untereinander ab. Wo aber die Größenverhältnisse der Bestandteile mit solchen Vorstellungen einer Aufbereitung im großen Stil übereinstimmen, wo zuunterst, wie so häufig, das gröbste und schwerste Material liegt, nach oben hin immer leichteres folgt, dort müssen wir doch bedenken, daß diese Lagen alle nacheinander in vielleicht sehr langer Zeitfolge angeschwemmt worden sind. Nur für engere Talschluchten mag es hier und dort zutreffen, daß alle die Sohle bedeckenden Massen mit einer einzigen Flut talabwärts bewegt und abgesetzt worden sind.

Die Ansammlung feinerer Metallteilchen am Grunde lockerer angeschwemmter Massen erklärt sich besser bis zu einem gewissen Grade durch die Annahme eines späteren Tiefersinkens dieser Partikel, wie dies ebenfalls durch F. Pošepny betont worden ist. Jedem Probierer ist die Tatsache bekannt, wie die leisesten Erschütterungen einer Schale mit einer gepulverten Erzprobe genügen, um die schweren, metallischen Körnchen darin durch die tauben, leichteren hindurch abwärts gleiten zu lassen und am Boden zu konzentrieren. Selbst in der Ruhe und, wo es sich um größere Massen handelt, wie bei Haufen von Mehlen der Přibamer Aufbereitung, läßt sich das nach F. Pošepny beobachten. Werden diese nach längerem ruhigem Stehen untersucht, so bemerkt man eine Konzentration des Bleiglanzes unten am Boden.

Sehr lehrreich ist auch die von E. Maier[2]) angestellte Untersuchung alter Halden früher in ungeeigneter Weise verwaschener Goldseifen des ostsibirischen Amgun-Gebietes: Auch hier zeigte sich eine Anreicherung in den tiefsten Lagen. Eine 7,1 m hohe Halde z. B. enthielt bis zu einer Tiefe von 5,6 m durchschnittlich 0,297 g p. t., von 5,6—7,1 m indessen 1,847 g Au p. t.

Hier hat nur Sickerwasser von oben her wirken können. In porösen Ablagerungen von Grand und Sand, die noch dazu, wie gewöhnlich bei Seifen, von kräftigen Grundwasserströmen durchflossen werden, in denen also kleinste Partikel Stöße erhalten können, wird ein solches all-

[1]) F. Pošepny. *Genesis.* S. 207.

[2]) E. Maier. *Goldseifen des Amgun-Geb.* Z. f. pr. G., 1906, S. 126.

mähliches Tiefersinken feinster Teilchen von schweren Erzen noch leichter möglich sein. Kennen doch auch die Archäologen schon längst die Erscheinung des Einsinkens von Münzen und dergl. in lockerem Erdreich, und Helmhacker erklärt mit Recht das seltene Vorkommen von metallischem Blei in angeblich tieferen Lagen uralischer Seifen aus dem allmählichen Abwärtswandern von Schrotkörnern, die aus Jagdgewehren stammen.

Hiermit erklärt sich auch die Tatsache, daß sich die reichsten Teile der Goldseifen häufig an Einmündungsstellen eines steileren Nebentales ins Haupttal befinden. Denn die Geröllmassen des letzteren wurden hier von besonders kräftigen Wasserströmen durchflossen.

Die weitere Frage endlich, ob eine Konzentration gewisser in den Seifen vorkommender Erze (gediegen Gold, Zinnstein) auch auf chemischem Wege möglich ist, vermittels einer Auflösung und nachträglichen Wiederabscheidung, wollen wir weiter unten für die einzelnen Klassen dieser Seifen untersuchen.

Nach dem Gesagten ist es einleuchtend, daß gewisse alluviale Seifen nach längeren Zeiträumen wieder neuen Reichtum erlangen können. Solche Beispiele kennt man im Überschwemmungsgebiet vieler größerer Flüsse Australiens, so am Buller-Fluß und im Otago-Distrikt auf Neuseeland. Nach K. Schmeisser[1]) führt z. B. der Clutha-Fluß im Otago-Goldfeld zur Zeit der Schneeschmelze jedesmal neue, reichere Massen den dortigen Seifen zu.

In einigen Gegenden erreicht der goldhaltige, jährlich vom Flusse bewegte Detritus schließlich das Meer, wie an der Ostküste von Australien zwischen dem Clarence- und Richmond-Fluß, an der Küste von Oregon in Nordwest-Amerika, bei Wladiwostock in Südost-Sibirien. Auch bereitet das Meer selbst im Wechsel der Gezeiten und im Spiel der Brandungswellen aus dem Gesteine der Küste die schweren Erzteilchen auf. An der Küste bei Neapel zum Beispiel schafft die See aus dem Detritus der Vesuvlaven ziemlich konzentrierte Magnetit-Augitsande. An den Ostseeküsten, z. B. bei Warnemünde, werden die Erzteilchen der am Gestade anstehenden Diluvialschichten lokal angereichert. Besonders der nordische Geschiebemergel mit seinen massenhaften Trümmern kristallinischer Gesteine bietet solche Erzkörnchen dar. Nach Deecke wird das Wasser bei der Aufbereitung solcher Sande, die schließlich lokal bis 64 % Eisenerz enthalten können, unterstützt durch den Wind, der zur Ebbezeit die leichten Quarz- und Silikatkörnchen wegbläst.

---

[1]) K. Schmeisser. *Australasien.* S. 100.

Verfolgt man einen Strom, der in seinen angeschwemmten Massen Erze enthält, von seiner Quelle ab bis ans Meer, so läßt sich nicht selten wahrnehmen, wie die Größe der aus den Seifen auswaschbaren schweren metallischen Teilchen mehr und mehr abnimmt. Größere Flüsse werden in der Regel nur die feinsten Stäubchen ins Meer hinaustragen können, nur kurze und kräftige Gebirgsbäche an Steilküsten vermögen auch schwerere Körnchen bis an die See zu transportieren.

In vielen Fällen wird man umgekehrt beim Aufwärtswandern in einem Seifen führenden Flußtal schließlich eine Stelle erreichen, wo größere Bruchstücke von Erz, zum Teil mit noch angewachsener Gangart, die Aufmerksamkeit des Suchenden am höchsten spannen, wo die einzelnen Fragmente nur geringe Abrollung zeigen und vielleicht noch Kristallformen erkennen lassen. Dort wird man endlich auch am Talgehänge des Haupt- oder eines Nebentales die Lagerstätte, die den Fluß versorgte, vielleicht in abbauwürdigem Zustand als Gang, Lager oder Stock antreffen. Oft aber auch hört die Erzführung der Flußsande im Oberlauf plötzlich auf, ohne daß man dort eine eigentliche Lagerstätte trotz des eifrigsten Suchens entdecken könnte. Man hatte nur die obere Grenze solcher Gesteinsmassen erreicht, die das im Flußtal konzentrierte Erz in spärlicher Verteilung und vielleicht nur in winzigen Partikeln enthalten. So hört im Ural die Platinführung der Alluvionen auf, sobald die obere Grenze von Olivingesteinen oder Serpentinen im Flußtal erreicht ist.

Über die Art der zu suchenden primären Lagerstätte wird den aufmerksamen Beobachter manchmal das Mitvorkommen charakteristischer Begleitmineralien in den Seifen aufklären können. So ahnte man im Ural schon lange, ehe der wirkliche Nachweis geliefert war, daß das Platin aus Olivingesteinen stammen möge, da man Chromit in seiner Begleitung fand, schließlich sogar Stückchen, die Platin mit Chromit verwachsen zeigten. Ja in manchen Fällen wird vielleicht der minder wertvolle oder wertlose Begleiter erst die Aufmerksamkeit auf das Erz in den Seifen selbst lenken, wie so häufig der schwärzliche Magnetit- und Ilmenitsand auf das Gold. Namentlich beim Aufsuchen mariner Seifen müssen den Prospektor solche schwärzliche Sande auf die richtige Spur bringen.

So jugendliche Gebilde im geologischen Sinne die Seifen auch sind, haben sie doch in manchen Fällen schon Dislokationen erlitten. Zahlreiche Beispiele von Verwerfungsspalten, die Seifenlager samt ihrem Grundgebirge durchsetzen und oft den Abbau empfindlich stören, sind aus Kalifornien bekannt. Fig. 312 stellt einen solchen Fall dar,

der ganz deutlich erkennen läßt, daß die Spalte erst nach Ablagerung der Seife einriß. Zuweilen sind Basaltgänge auf solchen Verwerfungsspalten emporgedrungen, wie mehrfach in den Plumas und Sierra Counties von Kalifornien. Auch schwach gefaltete Seifenschichten hat man in jenem Lande beobachtet.

Auch haben nicht selten Seifen eine jüngere Decke von Eruptivgestein erhalten. So werden Zinn- und Goldseifen in Australien und in Kalifornien unter basaltischen Lavaströmen abgebaut. Solche Decken von Eruptivmaterial können sogar gewaltige Dicke annehmen, wie denn z. B. die Hidden Treasure Goldseife im kalifornischen Placer County durch Stollnbetrieb noch unter einer 300 m dicken Masse andesitischer Tuffe und Breccien ausgebeutet wird.

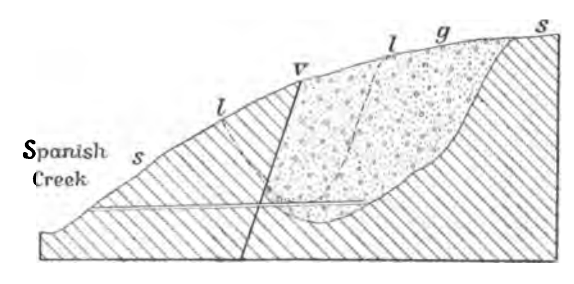


Fig. 312.
Profil durch eine verworfene Goldseife am Spanish Creek in Kalifornien nach Whitney.
s Schiefer, *g* Gold führender Grand, *V* Verwerfungskluft, *l* Umrißlinie der bergmännischen Aushöhlung.

Wir gehen nun dazu über, die durch das gewonnene Haupterz gekennzeichneten einzelnen Klassen von Seifen an typischen Beispielen näher zu schildern.

b) Die besonderen Arten von Seifen.

α) Magneteisenerzseifen.

Am nördlichen Gestade des Sct. Lorenz-Stromes, nahe seiner Mündung, ziehen sich ausgedehnte Ablagerungen von titanhaltigem Magnetitsand hin, die aus der Aufbereitung der Verwitterungsprodukte der am Oberlauf anstehenden Norite durch das Flußwasser entstanden sind. Am bekanntesten sind die Vorkommnisse an der Moisie-Bucht bei der Mündung des Moisie-Flusses. Andere werden angegeben aus der Umgebung von Mingan, Bersimis, Natasquan, Kagashka und Batiscan. Die Erzsande bilden mehrere Zentimeter dicke Lagen in gewöhnlichem Fluß-

sand. Eine besonders reiche Probe von Moisie hielt 70,10 % FeO bez. 55,23 % Fe und 16 % TiO_2[1]).

Ähnliche Sande befinden sich am Ufer des Champlain-Sees.

Auch an der nordamerikanischen Westküste, zwischen Point Mendocino in Kalifornien und der Mündung des Umpqua-Flußes in Oregon sind Magnetitsande bekannt, die zugleich goldhaltig sind[2]).

An der Küste der südwestlichen Ecke der Nordinsel von Neuseeland in der Provinz Taranaki[3]) kennt man auf einer 13 Meilen langen Strecke, nahe der Stadt New Plymouth, titanhaltige Magnetitsande, die durch Dredschen noch in drei Meilen Abstand von dem Lande nachgewiesen werden konnten. Die Herkunft dieser Alluvionen muß von dem vulkanischen Gebiet um den Mt. Egmont herum abgeleitet werden. Es wurden auch Schmelzversuche mit diesen Sanden angestellt, die man mit Ton brikettierte. Die Sande enthielten 52,88 % Fe_2O_3, 29,60 % FeO und 8,14 % TiO_2.

Die titanhaltigen Magneteisenerzsande an der Westküste der Südinsel von Neuseeland sind zugleich goldhaltig und wurden deshalb verwaschen.

Titanhaltige Magnetitsande kennt man ferner von dem Gestade bei Yamakushinai, Provinz Iburi und bei Kobui, Provinz Oshima, auf der japanischen Insel Yeso[4]), sowie von Minahassa, Celebes[5]).

In unserer ostafrikanischen Kolonie sind die Magneteisensande der Landschaft Usambara zu nennen, die C. W. Schmidt[6]) beschrieb.

In Europa sind sie an verschiedenen Küstenstrecken mit vulkanischen Gesteinen aufgefunden worden, jedoch nirgends abbauwürdig, so z. B. stellenweise in der Bai von Neapel.

Ein früher wenigstens versuchsweise abgebautes, schon Agricola bekanntes, zwar bergbaulich belangloses, aber geologisch interessantes Vorkommnis befindet sich im Seifengründel (Seufzergründel) bei Hinterhermsdorf in der Sächsischen Schweiz[7]).

---

[1]) J. F. Kemp. *A Brief Review of the Titaniferous Magnetites.* School of Mines Quarterly, Vol XXI, 1899, p. 331—333.

[2]) Phillips-Louis. *Ore Deposits.* 1896, p. 26.

[3]) E. Metcalf Smith. *On the Treatment of New Zealand Magnetic Iron Sands.* Journ. of the British Iron and Steel Inst., 1896, I., S. 65.

[4]) J. F. Kemp. A. a. O. p. 65.

[5]) F. Rinne. *Magneteisensand in der Minahassa auf Celebes.* Z. d. D. G. G. 52. Bd., 1900, S. 343.

[6]) C. W. Schmidt. *Magneteisensand in Usambara.* Z. d. D. G. G. 38. Bd. 1886, S. 451—452.

[7]) A. W. Stelzner. *Über das Vorkommen von Edelsteinen in der sächs. Schweiz.* Sitzungsber. d. Isis. Dresden 1870. — O. Herrmann u. R. Beck. *Er-*

Hier fließt dem Kirnitzschflusse von Westen her ein winziges Bächlein zu, das aber trotz seiner heute geringen Wassermenge längs seinem Mittellauf ziemlich ausgedehnte steinige Lehme und Sande abgelagert hat. An der Hohwiese lagern unter diesen wohl jungdiluvialen Anschwemmungen dünne Lagen von schwärzlichen Sanden, die man auch zwischen dem groben Blockwerk im Unterlauf des Baches antrifft. Sie sind außerordentlich reich an Magneteisenerz und titanhaltigem Magneteisenerz und enthalten ferner neben dem beigemengten Quarz noch Hornblende, Augit, Bronzit, gelbliche Hyazinthe, dunkle Spinelle (Ceylanite), selten grasgrünen Diopsid, Apatit, ganz vereinzelt endlich auch Rubin. Den Ausgangspunkt für die Eisenerzkörnchen und außer dem Quarz auch für die übrigen Begleiter derselben bildet ein nur wenig oberhalb der Hohwiese gelegener kleiner Stock von olivin- und hornblendereichem Glasbasalt, worin Magnet- und Titaneisenerz, Bronzit und Spinell neben Augit nachgewiesen werden können. Der Basalt enthält in seiner brekziösen Kontaktzone gegen den von ihm durchbrochenen turonen Sandstein hin sehr spinellreiche Einschlüsse eines mittelkörnigen, Bronzit führenden Gabbros.

β) An Eisenerz reiche, lateritische Verwitterungsprodukte.

Als eine geologisch sehr jugendliche, höchstens der Quartärzeit angehörige Bildung haben die an Eisenerzfragmenten reichen Laterite Brasiliens zu gelten, die unter der Bezeichnung Tapanhoancanga (nach der gleichnamigen Sierra) in die Literatur eingeführt worden sind [1]). Sie sind in der Provinz Minas Geraes bei den Ortschaften Itabira, Villarica und Marianna verbreitet, wo sie als eine 1—4 m mächtige Hülle das Ausgehende der dortigen Eisenglimmerschiefer und anderer kristalliner Schiefer vielfach bedecken. In einem oft nur spärlichen Bindemittel von Rot- und Brauneisenstein enthalten sie Fragmente oder Gerölle von Eisenglimmerschiefer, Glanzeisenerz, Magneteisenerz und Brauneisenerz nebst solchen von verschiedenen kristallinen Gesteinen, besonders von Quarzit und Itacolumit. Sie zeichnen sich außerdem mehrorts durch die Führung von Gold, Diamant, Topas, Rutil, Zirkon und anderen selteneren Mineralien aus.

Eine eigentümliche Ausbildung besitzen nach G. C. Du Bois, dem wir eine sehr eingehende Arbeit über diesen Gegenstand verdanken [2]), die eisenreichen Laterite Surinams. In dem eisenreichen, zellig-schlackigen Oberflächenlaterit nimmt man Knollen und deutlich kugel-

---

Erläut. zur geol. Spezialk. von Sachsen. Sekt. Hinterhermsdorf-Daubitz. — H. Oehmichen. *Die böhmischen Granatlagerstätten und die Edelsteinseife des Seufzergründels bei Hinterhermsdorf.* Z. f. pr. G. 1900, S. 13—17.

[1]) v. Eschwege. *Beiträge zur Gebirgskunde Brasiliens.* 1832. S. 141. — Pluto Brasiliensis 1838. S. 225.

[2]) G. C. Du Bois. *Beitr. z. K. der surinamischen Laterit- und Schutzrindenbildungen.* Tschermaks Min. Mitt. 1903, XXII. B., S. 31.

förmige Konkretionen wahr, deren Größe von der des feinsten Schrotes bis zu 2 cm ansteigt. Diese Kugeln besitzen schaligen Aufbau, aber keine Radialstruktur. Sie bestehen in der Hauptsache aus Limonit (86,9 % F_2O_3), enthalten aber auch neugebildeten Quarz, Chalzedon und spärliche Silikatreste. Neben diesem Brauneisensteinpisolith findet sich in der Lateritdecke Surinams übrigens auch oolithischer Beauxit.

γ) Zinnsteinseifen.

1. Die Zinnsteinseifen des Erzgebirges und benachbarter Gebirge.

Bei der großen Häufigkeit primärer Zinnerzlagerstätten im Erzgebirge kann es nicht überraschen, daß auch Zinnsteinseifen hier in großer Verbreitung vorkommen und bis in das zuletzt vergangene Jahrhundert hinein einen stellenweise recht bedeutenden Seifenbetrieb [1]) veranlassen konnten, dessen Beginn sich urkundlich bis zum Ende des 12. Jahrhunderts zurück verfolgen läßt.

Die meisten erzgebirgischen Zinnseifen liegen im Gebiet der Granite oder in dem Kontaktbereich derselben. Teils sind es eluviale Bildungen, die aus nur ganz wenig bergab bewegtem, eckigem Gesteinsschutt bestehen und sich hoch an den Gehängen hinaufziehen können, wie in der Gegend des Greifensteines bei Geyer und an zahlreichen Stellen bei Eibenstock und Johanngeorgenstadt, teils angeschwemmte Massen, die alluviale, diluviale, in einem Falle auch tertiäre Talböden ausfüllen. Die alluvialen und diluvialen Vorkommnisse können kaum immer scharf von einander geschieden werden, die tertiären werden wir am Schlusse besonders schildern.

Die Talseifen stellen mehr oder minder gut geschichtete Geröll- oder Sandlager dar, die von sandigen Lehmen und Tonen oder Torf bedeckt zu sein pflegen und vorzugsweise aus gerollten Bruchstücken von Granit, kontaktmetamorphem Schiefer sehr verschiedener Art, besonders auch Andalusitglimmerfels und Turmalinschiefer, sowie aus Gangquarz und Stücken von Gangbreccien zusammengesetzt sind. Der Zinnstein kommt darin meist in winzigen Körnchen, aber auch in größeren Graupen vor, die bisweilen noch Kristallform erkennen lassen, selten ist er in größeren Klümpchen gefunden worden, die indessen fast immer mit etwas Quarz verwachsen sind und Bruchstücke von zinnsteinreichem Greisen darstellen. Greisengerölle sind überhaupt neben den Turmalinschieferbrocken die besten Anzeichen für einen Zinnstein-

[1]) H. Schurtz. *Der Seifenbergbau im Erzgebirge und die Walensagen.* Stuttgart 1890. Mit vollst. Literatur.

gehalt von angeschwemmten Massen, wie es den alten erzgebirgischen Seifnern genau bekannt war. Neben dem Zinnstein fanden sich zuweilen Topas, Apatit, Beryll, Flußspat, Malachit und an verschiedenen Stellen auch gediegen Gold. Goldfunde werden erwähnt aus den Seifen der Gegend von Annaberg (in einem kurfürstlichen Befehl von 1657), von Eibenstock und Johanngeorgenstadt. Doch ging man diesem Metalle nur ganz gelegentlich neben dem Zinnstein nach.

Das aus dem Zinnstein der Seifen erschmolzene Zinn galt als das reinste und beste, da hier störende Arsen- und Schwefelmineralien abwesend waren. Die Barren des Seifenzinns waren durch ein besonderes Zeichen kenntlich gemacht.

Die Geschiebe von Zwitter wurden bei der Seifenarbeit vielfach ausgehalten und verpocht.

Das ergiebigste Zinnseifengebiet des Erzgebirges war die Umgebung des Auersberges bei Eibenstock. Das alte Wappen dieser Stadt enthielt neben der Keilhaue und einem Kleeblatt die Seifengabel, erst das neuere Schlägel und Eisen. Unter den ehemaligen dortigen Seifen seien genannt die bei Bockau, bei Sosa, bei Wildenthal, am Steinbach. Agricola erwähnt als besonders berühmt das Seifenwerk Fletschmaul (Blesmaulum) unweit von Wildenthal. Die Seifenwerke der Sauschwemme und des Steinbaches standen von 1643—1671 in hoher Blüte. Die Sauschwemme gab in dieser Zeit 19596 Gulden Gewinn. Sie bauten noch zu Anfang des 19. Jahrhunderts bis 1830, wenn auch in dieser letzten Periode ohne jeden Gewinn. Unter den ecken- und kantengerundeten, aber nicht völlig abgerollten Geschieben dieser Seife walten stark verzwitterte, feinkörnige Ganggranite bei weitem vor (etwa 90 %). Neben ihnen finden sich Andalusitglimmerfelse, die gewöhnlich völlig turmalinisiert sind, wenig Stockgranite und Gangquarze (z. T. Kappenquarz). Das Gestein des Seifenbettes ist Granit. Mitunter findet man in den dortigen Reithalden Pochschuhe aus Amphibolit von den Pochwerken, worin die ausgehaltenen Zwitter gestampft wurden[1]). Die stark verzwitterten Ganggranite bildeten an der Sauschwemme offenbar das hauptsächliche Muttergestein des Zinnsteins.

Sehr zahlreiche Seifen waren ferner bei Johanngeorgenstadt und auf dem böhmischen Nachbargebiet bei Platten in Betrieb. Im mittleren Erzgebirge hatten solche bei Geyer, Thum und Ehrenfriedersdorf, auch bei Annaberg und Buchholz Bedeutung. Im östlichen Gebirgsteil sind zu nennen die Seifengebiete im Graupener

[1]) Untersuchungen des Verfassers im Sommer 1909.

Tale und die wahrscheinlich erst von hier aus entdeckten im Müglitztale und seinen Verzweigungen. Auch die Bergbaugeschichte von Altenberg und Zinnwald begann mit der Ausbeutung der Seifen an den Gehängen und in den Tälern.

Aus der Nachbarschaft des Erzgebirges mögen die Zinnseifen von Schönfeld und von Schlackenwald, südlich von Elbogen im nordwestlichen Böhmen, sowie diejenigen bei Wunsiedel, Weißenstadt und Hirschberg im Fichtelgebirge erwähnt werden.

Die tertiären Seifen des Erzgebirges sind auf die Gegend an der Steinhöhe bei Seifen unweit Abertham beschränkt[1]), wo sie unter ganz analogen Verhältnissen auftreten, wie die tertiären Goldseifen Kaliforniens und Zinnsteinseifen Australiens, nämlich in einem durch Lavadecken vor der Denudation geschützten Rest eines alten Flußtales,

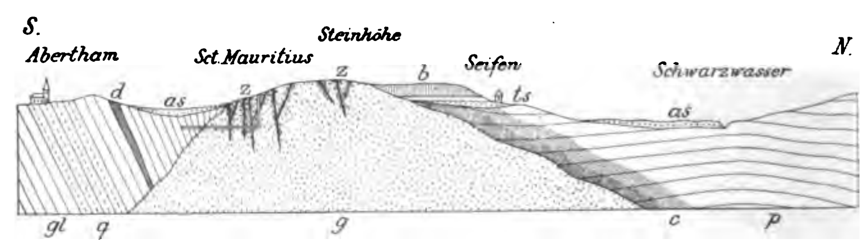


Fig. 313.
Idealer Schnitt durch das Zinnseifengebiet bei Abertham im Erzgebirge.
gl Glimmerschiefer, *q* Quarzitschiefer, *p* Phyllit, *c* kontaktmetamorphe Schiefer, *g* Granit, *z* Zinnerzgänge mit Zwitterzonen, *ts* tertiäre Zinnseifen, *b* Basalt, *as* alluviale und diluviale Zinnseifen, z. T. mit Decke von Torfmoor, *d* Diorit.

wie wir sie im Erzgebirge auch am Bärenstein, Pöhlberg und Scheibenberg kennen[2]).

Auf dem Granit und dem anstoßenden, von ihm kontaktmetamorph veränderten Phyllit des Grundgebirges ruht an der Steinhöhe, wie Fig. 313 zeigt, eine etwa 10 m mächtige fluviatile Ablagerung, die petrographisch den Bildungen des Unteroligozäns gleicht. Zu unterst und am weitesten verbreitet liegt 3—6 m mächtig ein grober Schotter von Geröllen von vorwiegend greisenartigem Granit, feinkörnigem Granit, Gangquarzbrekzie, Turmalinschiefer, Andalusitglimmerfels, Quarzitschiefer und Phyllitquarzknauern. Er wechsellagert mit Sanden, die reich an schwarzen Turmalin-

[1]) G. Laube. *Geologie des böhmischen Erzgebirges I.* Prag 1876. S. 195 bis 197. — A. Sauer. *Erläut. zu Sektion Wiesenthal.* 1884. S. 81. — F. Schalch. *Erläut. zu Sektion Johanngeorgenstadt.* 1885. S. 119—123.

[2]) Lohrmann. *Einiges aus der geolog. Vergangenheit des Erzgebirges.* Annaberger Berichte. 1898.

körnchen und Glimmer sind. Darüber folgt ein feiner roter Letten, 0,3—1,3 m, alsdann ein sandiger, gelblicher oder bläulicher Letten, 0,3—0,6 m, und endlich Quarzsand mit Kreuzschichtung, 0,6—1,5 m. Das Ganze wird überdeckt von Basalt, der teils als Nephelin-, teils als Leucitbasalt ausgebildet ist und unter den sich nach NW. zu noch eine schwache Phonolithdecke einschiebt. Die tieferen, kiesigen Lagen dieser Ablagerung enthielten so viel Zinnstein, daß sie unterirdisch zur Seifenarbeit gewonnen werden konnten und zur Entstehung des Fleckens Seifen auf der Nordwestseite der Steinhöhe Veranlassung gaben. In neuerer Zeit baute man dort nur auf Ton und Sand. Da unmittelbar südlich von der Steinhöhe zahlreiche Zinnerzgänge das Gebirge durchsetzen, die auf der Grube St. Mauritius noch kürzlich abgebaut wurden, ist die Zinnsteinführung dieser Tertiärgebilde leicht zu erklären.

2. Die Zinnsteinseifen in Cornwall.

Alles, was über dieses wichtigste europäische Zinnsteinseifengebiet bekannt ist, findet sich übersichtlich bei J. A. Phillips und H. Louis[1]) zusammengestellt, denen wir hier folgen:

Die Zinnseifen führen in Cornwall die Bezeichnung „streamworks". Es lassen sich dortselbst folgende Abarten solcher Bildungen unterscheiden:

1. Zinnseifen auf der Sohle heutiger Flußtäler oder am heutigen Meeresstrand, worin das Zinnerz gewöhnlich in eckigen oder nur kantengerundeten Körnchen vorkommt (Talzinnseifen, „streams" genannt).
2. Zinnseifen in hochgelegenen Flußschottern, bis 210 m über den heutigen Wasserläufen, bei St. Agnes Beacon in noch älteren und höher gelegenen Kiesterrassen.
3. Zinnerz führender Gebirgsschutt am Ausgehenden von Zinngranit und Zinnerzgängen (eluviale Zinnerzseifen, „shodes" genannt)[2]).

Unter den bekannten Profilen durch cornische Talzinnseifen verdient besonders dasjenige der Happy Union-Seife im St. Austell-Tal beim Hafen Pentewan Interesse. In diesem Tale, oberhalb von St. Austell, fließen eine Reihe von kleinen Flüßchen zusammen, die von den granitischen Hensbarrow Bergen herabkommen. Auch die Zuflüsse der zinnreichen Umgebung der Grube Polgooth kommen hinzu. Der Untergrund des Tales besteht aus Schiefergebirge.

---

[1]) Phillips-Louis. *Ore Deposits.* 1896, p. 28—33.

[2]) Schon W. Pryce: *Mineralogia Cornubiensis.* 1778, p. 66, unterscheidet „shode, stream and mine".

Nach J. W. Colenso lautet das Profil der Happy Union-Seife von oben nach unten, wie folgt:

9.	Flußsand, Schlick usw.	6 m
8.	Seesand mit Eichenstämmen und Knochen von Megaceros hibernicus (Riesenelch) und Bos primigenius	6 „
7.	Schlick mit wenigen Steinen und Knochenresten	0,6 „
6.	Seesand mit Fragmenten mariner Muscheln	0,04 „
5.	Schlick mit Cardium edule	3 „
4.	Lage von Blättern, Nüssen des Haselstrauches, von Moos usw.	0,06—0,12 „
3.	Torflager	0,06—0,12 „
2.	Zinnerzschicht (tinground), wo das Erz ausschließlich vorkommt und zwar zusammen mit Geröllen von Granit und Turmalinschiefer und in Klumpen bis 10 Pfund schwer, zugleich auch mit etwas Gold	1—3 „
1.	das aus Tonschiefer (killas) bestehende Grundgebirge, dessen Oberfläche 18 m unter dem jetzigen Hochwasserspiegel liegt.	

Dieser Teil der cornischen Küste hat danach seit Ablagerung der Zinnerzseifen eine Senkung erlitten. Weiter aufwärts im Tale fehlen in den Profilen der dortigen Zinnseifen die marinen Schichten.

Der Zinnstein der cornischen Seifen bildet teils mehr oder weniger gerundete Körner und Kristalle, teils kommt er in Form von Holzzinn vor (siehe I. S. 274), und in seltenen Fällen auch als Pseudomorphose nach organischen Resten. Namentlich aus den Zinnseifen im Pentewan- und im Carnon-Tale kennt man Fragmente von Hirschgeweihen, die sich teilweise mit Zinnstein, Eisenoxyd und etwas Pyrit imprägniert zeigen, besonders in den peripherischen Teilen ihres Gewebes.

Ein solches Bruchstück aus dem Penzanze-Museum enthielt nach J. H. Collins:

CaP_2O_5	80,04 %
$CaCO_3$	2,24 „
CaF_2	0,50 „
FeS_2	1,66 „
Fe_2O_3	0,62 „
SnO_2	2,60 „
SiO_2	0,22 „
Organische Substanz und Verlust .	12,12 „
	100,00 %.

Ist sonach auch nicht daran zu zweifeln, daß der bei weitem größte Teil des Seifenzinnerzes rein mechanisch zugeschwemmt worden ist, so stellt doch ein kleiner Teil auch Ausscheidungen aus Lösungen von Zinnoxyd dar, die wohl erst innerhalb der Seifen sich gebildet hatten oder mit dem Grundwasserstrom den Talböden zugeführt worden waren. Solcher wieder ausgeschiedener Zinnstein dürfte namentlich unter dem Holzzinn der cornischen Seifen enthalten sein.

Die Zinnseifen Cornwalls sind sicher schon zur Zeit der alten Römer und Griechen ausgebeutet worden[1]), da schon damals Großbritannien die „Cassiteriden" genannt wurde. Historische Dokumente beginnen freilich erst mit dem Jahre 1156[2]).

---

[1]) Blümner. *Technologie usw. bei Griechen und Römern IV.* S. 81 ff.

[2]) G. R. Lewis. *The Stannaries, a study of the English Tin Miner.* Boston and New York. 1908, p. 34.

Jetzt sind die eigentlichen Seifen dieses Landes längst erschöpft und außer Betrieb. Das, was man heute das „stream-working" heißt, ist nur die Gewinnung des in den „tailings" der Pochwerke enthaltenen Zinnsteines in Talsenken. Im Jahre 1894 rührten 6 % der ganzen Cornwaller Zinnproduktion aus der Verwaschung solcher verschwemmter armer Schlieche her.

Auch in der Bretagne und im westlichen Spanien sind in älterer Zeit Zinnsteinseifen ausgebeutet worden.

3. Die Zinnerzseifen in Australien.

Auf dem australischen Festlande liegen die wichtigsten Zinnseifen in N.-S.-Wales nahe der Grenze an Queensland, im New-England-Distrikt. Sie wurden 1853 durch W. B. Clarke entdeckt, aber erst 1872 in Betrieb genommen, während in der Kolonie Viktoria schon einige Jahre früher auf Zinn gewaschen worden ist. Die Zinnseifen im New-England-Distrikt liegen teils auf der Sohle jetziger Täler, teils in Stücken tertiärer Talläufe, die von der Denudation verschont geblieben sind, meist geschützt durch basaltische Lavaströme. Das Seifenzinn stammt aus Granitmassiven, die von zahlreichen Zinnerzgängen durchtrümert werden. Unter den wichtigsten Seifengebieten dieser Gegenden mögen genannt werden Bendemeer, Watsons Creek, Copes Creek bei Inverell und ganz besonders Vegetable Creek. In demselben Gebiet, aber schon in Queensland, liegt der Seifendistrikt von Stanthorpe.

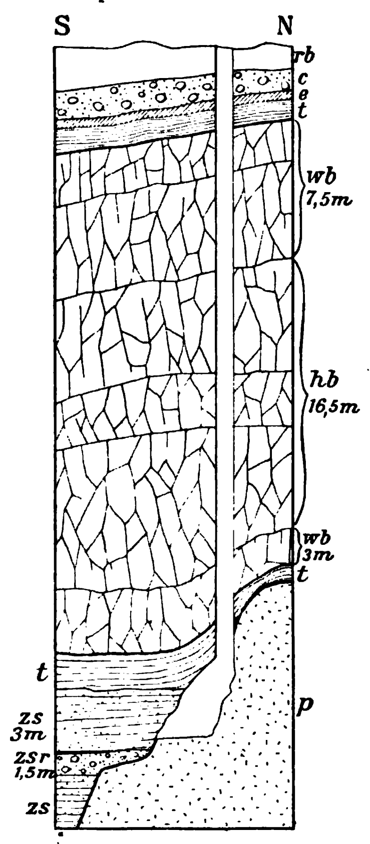


Fig. 314.
Profil des alten Schachtes der Gebrüder Wesley am Vegetable Creek nach H. Louis.
rb roter Boden, *c* Konglomerat, *e* Eisenstein, *t* Ton, *wb* weicher Basalt, *hb* harter Basalt, *zs* zinnsteinhaltiger Sand, *zsr* zinnsteinreich, *p* Porphyr der alten Talflanke.

Fig. 314 gibt ein Bild der Lagerungsverhältnisse der sog. „deep leads" des Vegetable Creek. Es zeigt die seitliche Flanke eines alttertiären Talbodens mit seiner Lavadecke, die hier aus mehreren petrographisch etwas verschiedenen Strömen sich zusammensetzt. Die Seifen solcher Art im Rose Valley nahe bei Vegetable Creek, die erst 1880 fündig

wurden, haben in 9 Monaten 553,5 t Zinn geliefert. Neben diesen alten Seifen werden auch die alluvialen ausgebeutet. Seit 1882 hat man übrigens auch die primären Lagerstätten in Angriff genommen.

Es produzierten nach H. Louis[1]) von den Zinnwerken am Vegetable Creek

	1886	1895
die Gruben auf Gängen . .	169 t	286 t
die alluvialen Seifen . . .	761 t	499 t
die alttertiären Seifen . .	962 t	115 t
	1892 t	900 t.

Schwer erklärlich ist das Auftreten von gediegenem Zinn in kristallinen Körnchen bis zu 1 mm Durchmesser am Aberfoil River N. S. Wales[2]).

4. Die eluvialen Zinnerzlagerstätten des Mount Bischoff.

Das großartigste Beispiel eluvialer Zinnseifen bietet der Mount Bischoff im nordwestlichen Tasmanien[3]).

Dieser Berg besteht aus paläozoischen Tonschiefern und Quarziten, mehr untergeordnet auch aus Sandsteinen und Dolomiten. Das Schiefergebirge wird von zahlreichen Gängen eines Quarzporphyres durchsetzt, die demselben Eruptionsherd entstammen mögen wie ein Granit, der westlich des Mt. Bischoff, in 3,5 km Entfernung, in Gestalt eines Massives zutage tritt. Im ganzen kennt man am Berge 17 größere solche Gänge, die nach sehr verschiedenen Richtungen streichen und sich um den Gipfel herum kreisförmig scharen. Im Norden und Westen beteiligen sich dann noch Gänge der Zinnerzformation und taube Quarzgänge an der Zusammensetzung des Gebietes, während am Fuße des Berges, im NO. und S. eine tertiäre Basaltdecke mit untergelagerten Tonen das eigentliche Grundgebirge verhüllt.

Die Quarzporphyre, zum Teil auch die von ihnen durchsetzten Schiefer, haben bis zu $^3/_4$ km Entfernung von der Bergspitze eine sehr

---

[1]) T. W. Edgeworth David. *Geology of the Vegetable Creek Tin-Mining Field.* Geol. Survey of N. S. Wales, 1887, p. 23. Referiert bei Phillips-Louis. *Ore Deposits,* 1896, p. 662.

[2]) A. Liversidge. *Minerals of N. S. Wales,* p. 77.

[3]) Wichtigste Literatur: A. v. Groddeck. *Zur Kenntnis der Zinnerzlagerstätte des Mt. Bischoff in Tasmanien.* Z. d. D. G. G., 36. Bd., S. 642 ff. Australas. Ass. for the Advanc. of Sc. Hobart Tasmania. Sect. C. 1892. — Nebst Nachträgen in Bd. 38 u. 39. — H. W. Ferd. Kayser. *On Mt. Bischoff.* Australas. Ass. for the Advanc. of Sc. Hobart Tasmania. Sect. C. 1892. — Frhr. W. v. Fircks. *Die Zinnerzlagerstätten des Mt. Bischoff in Tasmanien.* Z. d. D. G. G., 51. Bd., 1899, S. 431 ff. — Die halbjährlichen Reports der Company lagen uns vor.

tiefgreifende Umwandlung erlitten, wie dies zuerst A. von Groddeck erkannt hatte und später Frhr. W. von Fircks eingehend begründete. Aller ursprüngliche Feldspat und Glimmer, im höchsten Stadium der Metamorphose auch der primäre Quarz, sind durch Topas, Turmalin, sekundären Quarz und Zinnstein, mehr untergeordnet auch durch Flußspat, Arsen-, Schwefel- und Magnetkies nebst etwas Eisenspat ersetzt worden. Die Mischungsverhältnisse dieser neu eingewanderten Mineralien sind schwankend. Die an Turmalin reichsten Abarten pflegen zugleich die zinnsteinärmsten zu sein. Die Salbänder der mächtigeren Gänge sollen dagegen bisweilen nur aus Topas in pyknitartiger Ausbildung und Zinnstein bestehen.

Die eigentlichen Zinnerzgänge, wie der North Valley Lode und die Mt. Bischoff Lodes, enthalten Quarz, Eisenspat, Arsenkies, Schwefelkies, Zinnstein, Flußspat, Pyrophyllit und Wolframit; nur selten führen auch sie Topas. Ihre Salbänder sind reich an Serizit. Neuerdings wurde namentlich auf dem Queen Lode gearbeitet, der durchschnittlich 0,9 m mächtig ist und 2 % Zinn enthält.

Für den Bergbau sind weder die an Zinnstein reichen Quarzporphyre, noch die Gänge der Zinnerzformation der wichtigste Gegenstand, sondern vielmehr die aus ihnen durch Verwitterung hervorgegangenen eluvialen Schuttmassen, die sich stellenweise als ganz außerordentlich erzreich erwiesen haben. Die wichtigsten Anhäufungen dieser Art sind die sog. White Face, Slaughter Yard Face und Brown Face.

White Face liegt am Südabhang des Berges und flankiert beiderseitig einen umgewandelten Quarzporphyrgang. Diese Lagerstätte besteht, wie auch Teile der beiden anderen, aus nicht oder ganz schwach abgerundeten Bruchstücken des topasierten, zinnsteinführenden Quarzporphyres, zwischen denen sich ein zinnsteinreicher Topas-Quarzsand findet. Slaughter Yard Face, weiter oben am Berg, enthält auch etwas Schiefermaterial, ferner viele Kiese und deren Zersetzungsprodukte, sowie Monazit und Wolfram, die jedenfalls von einem Gange der Zinnerzformation stammen.

Diese eluvialen Seifen ziehen sich an der häufig bis 45° steilen Berglehne bis zum Gipfel hinauf und erreichen stellenweise eine Mächtigkeit von 21 m und darüber. Am Fuße des Berges ist im Liegenden der White Face noch eine ältere Seifenablagerung mit mehr gerolltem Material nachgewiesen worden.

Die Brown Face endlich, die reichste von allen, liegt am Osthange des Berges inmitten der kreisförmig sich scharenden Porphyrgänge. Sie bildet ihrer Form nach die Ausfüllung einer trichterförmigen Einsenkung. Ihre Mächtigkeit erreicht gegen 90 m, ihre horizontale Ausdehnung mehrere hundert Meter. Ihr Material ist ein Gesteinsschutt, der teils aus turmalinisiertem Schiefer, teils aus topasiertem Quarzporphyr besteht, immer aber viel Brauneisenerz und Eisenocker enthält. Das Zinnerz konnte in vielen Teilen dieser Lagerstätte leicht als feiner Kristallsand herausgewaschen werden, kam selten auch in gangartig durch die ganze

Masse ziehenden Platten von bis 10, ja 20 t im Gewicht vor. Die Brown Face ist offenbar aus einem ganzen Netzwerk von Klüften und Spalten der Zinnerzformation hervorgegangen, von denen aus das Nebengestein, die Schiefer und die Quarzporphyre, imprägniert worden war.

Das Zinnerz in der Gegend des Mt. Bischoff wurde erst 1871 und zwar als Seifenzinn im Forth River entdeckt. 1873 begann der Abbau der eluvialen Massen am Berge. Unter den damals gegründeten Gewerkschaften zeichnete sich die Mount Bischoff Tin Mining Company, die auf den drei soeben besonders aufgeführten Lagerstätten baut, durch die ganz ungewöhnlich große Produktion aus. Seit ihrer Begründung hatte sie bis zum Schluß von 1905 64775 t Zinnkonzentrat mit einem Gehalt von rund 70 % Zinn erzeugt. Neuerdings verarbeitet man auch ärmere Erze, sodaß der Durchschnitt für 1905 nur 1,25 Zinn ergab: 1908 wurden 930 t Konzentrate erzeugt.

Auch in anderen Teilen Tasmaniens werden Zinnseifen ausgebeutet. Diejenigen der Briseis Mine nahe am Ringarooma-Fluß in der Nordostecke der Insel liegen unter Basaltdecken begraben (siehe auch I. S. 300).

5. Die Zinnerzseifen von Bangka und Billiton.

Noch immer sind die beiden Zinninseln Bangka und Billiton[1]) eines der wichtigsten Zinnseifengebiete der Erde. Bangka liegt ganz nahe der Nordostküste des südlichen Sumatra, Billiton etwas weiter östlich zwischen Sumatra und Borneo. Diese Inseln haben einen gebirgigen Charakter. Sie, wie auch die kleinen Eilande in der zwischen ihnen durchführenden Gasparstraße, bestehen nach R. Verbeek in der Hauptsache aus einem stark aufgerichteten Sandstein- und Schiefergebirge mit zahlreichen Granitstöcken. Das Alter der Sedimente ist wahrscheinlich präkarbonisch. Ihre Schichten sind am Kontakt mit den Graniten in Hornfelse umgewandelt worden und werden dort zugleich von zahlreichen Granitgängen durchsetzt.

Die ursprünglichen Zinnerzlagerstätten dieser Inseln, Zinnerzgänge, die teilweise von Greisenzonen begleitet werden, sind schon erwähnt worden (I. S. 299 und Fig. 147 auf I. S. 273). Unter den aus der Zerstörung derselben hervorgegangenen Seifen werden zweierlei Klassen unterschieden: 1. eluviale Seifen, „Kulit-Seifen" oder Bergzinnseifen und 2. angeschwemmte, „Kollong-" oder Talzinnseifen. Die ersteren liegen mehr in dem oberen Teile der Täler und an den Gehängen nahe den Ausstrichen der Gänge. Sie bestehen aus nur wenig transportiertem Material und ergaben jeweilig eine Ausbeute von Zinnerz in ganz gewaltigen Klumpen, wie man sie in den heutigen Gangaufschlüs-

---

[1]) R. Verbeek. *Geologische Beschrijving van Bangka en Billiton.* Jaarboek van het Mijnwezen in Nederlandsch Oost-Indie 1897. Mit vielen Karten. — Th. Posewitz. *Die Zinninseln.* Jahrb. d. kgl. ungar. geol. Anstalt. Bd. VIII. 1886.

sen dort nirgends gefunden hat, Klumpen bis zu mehr als 1000 kg Gewicht.

Von den Verhältnissen der Talzinnseifen gibt der folgende ideale Längsschnitt durch ein Talzinnlager nach van Diest eine Vorstellung (Fig. 315). Das Profil ist in folgender Weise entwickelt: Zuunterst, unmittelbar auf dem aus Granit, Hornfels, Sandstein oder Schiefer bestehenden Grundgebirge, „Kong" genannt, liegt die „Kaksa", ein Sand, der sehr reich an Zinnsteinkörnchen ist und meist einen Zinngehalt von 2—4 %, selten bis 10 % besitzt. Außer diesen wertvollen Bestandteilen enthält er vor allem Quarz, ferner mehr untergeordnet Brauneisenerz, Turmalin, Monazit, Beauxit und die rätselhaften Obsidiankugeln und -Zapfen, die mit den Moldaviten aus Mähren so große Ähnlichkeit besitzen[1]). Über der Kaksa folgt ein Abraum

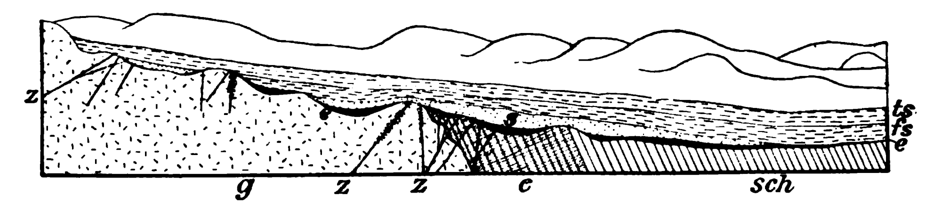


Fig. 315.

Idealer Längsschnitt durch ein Talzinnlager, eine „Kollong"-Seife auf Bangka,
z. T. nach Van Diest.

g Granit, *sch* Schiefer und Quarzite, *c* kontaktmetamorphe Schiefer. *z* Zinnerzgänge, *e* erzreiche Lage („kaksa"), unmittelbar auf dem Grundgebirge („kong"), *s* grober Sand, *fs* feiner Sand, z. T. tonig, *ts* Ton und feiner Sand.

von 4—16 m Mächtigkeit, der in der Hauptsache aus Sanden und Tonen sich aufbaut. Im Mündungsgebiete der Flüsse, nahe am Meere, ist das Material aller dieser Sedimente natürlicherweise ein feineres, Ton und Schlick walten vor, auch enthält die Kaksa hier nur ganz feinen Zinnerzsand (Zinnerzmehl). Manche Seifen führen auch etwas Gold. Die Abraumschichten sind zwar schwach zinnerzführend, aber nicht bauwürdig.

Auf Bangka wurde bereits seit 1710 Zinn gewonnen, lange Zeit ausschließlich durch chinesische Gewerkschaften, auf Billiton begann die Ausbeutung erst später. Die Bearbeitung der Seifen beider Inseln geschieht auch heute noch durch Chinesen, aber unter Aufsicht europäischer Ingenieure. Bangka erzeugte im Jahre 1896 148122 Pikols, d. i. rund 9184 t Zinn, Billiton ungefähr gleichviel. 1906/07 war

---

[1]) F. E. Suess. *Die Herkunft der Moldavite und verwandter Gläser.* Mit 8 Tafeln und 60 Zinkotypien. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst., Wien 1900, Bd. 50. Mit vollst. Literatur.

die Produktion von Billiton auf 62310 Pikols heruntergegangen, da die Lagerstätten mehr und mehr verarmen. Der Bergbau auf dem ebenfalls auf Billiton gelegenen Wolfram-Zinnerzgang bei Sidjoek erzeugte 611 Pikols gemengtes Erz.

6. Die Zinnerzseifen der malayischen Halbinsel und anderer Gegenden Asiens.

Außerordentlich ähnlich denen auf Bangka und Billiton sind die Zinnerzseifen der malayischen Halbinsel, die aber für den Weltmarkt eine noch viel größere Bedeutung haben als jene. Liefern sie doch $^4/_7$ der Zinnausbeute der ganzen Welt. Die längs der Südwestküste hinziehende, langgedehnte Gebirgskette dieses Landes birgt inmitten von Schiefern und Sandsteinen eine große Zahl von Granitstöcken, an die oder wenigstens an deren Nachbarschaft primäre Zinnerzlagerstätten, Gänge und Imprägnationszonen, gebunden sind. Das ältere Gebirge wird vielfach von einem körnigen Kalkstein diskordant überlagert.

In fast allen den zahlreichen Tälern, die von dem Gebirgskamm herabkommen und granitische Territorien entwässern, liegen Zinnerzseifen und zwar:

an der Westküste besonders in den Staaten Perak, Selangor, und Sungei Ujong;
im Innern in den Staaten Jelebu und Negri Sembilan;
an der Ostküste im Staate Pahang.

Die bedeutendsten Vorkommnisse liegen in Perak mit dem Hauptgebiet Kinta und Selangor mit Kwala Lumpur als wichtigstem Betriebsplatz.

Auch auf der malayischen Halbinsel pflegen nach H. Louis[1]), dem wir hier folgen, nur die untersten, hier 1,2—1,5 m mächtigen Lagen der Alluvionen bauwürdig zu sein, die Mächtigkeit des Abraumes von Sand und Ton wird auf 4,5—6 m angegeben, kann aber bis 24 m ansteigen. Ein seltener Ausnahmefall wurde zu Sorakai, Kinta, in Perak beobachtet, wo unter 6 m Abraum über 24 m waschbarer Zinnsand angetroffen wurde. Der mittlere Gehalt der bauwürdigen Sande an Schwarzzinn beträgt etwa 1 %, nur ganz ausnahmsweise steigt er viel höher wie zu Saiak, Kinta, in Perak auf 20 %. Neuerdings baut man auch „deep leads" ab, so in Perak und Selangor solche in über 100 m Tiefe.

---

[1]) H. Louis in Phillips-Louis. *Ore Deposits.* 1896. p. 597—603. — R. A. F. Penrose jr. Journ. of Geology, Chicago 1903, p. 135—154. — S. Fawns. Tin Deposits of the World, London, 1905, p. 18—67.

Neben dem Zinnstein enthalten die Seifen auch Turmalin, Wolframit, Magnetit, seltener Glimmer, Topas, Scheelit, Saphir und Gold, wohl auch Thor- und Cer-haltige Mineralien.

Eine merkwürdige Form eluvialer Zinnerzseifen findet sich nach H. Louis an verschiedenen Stellen an beiden Hängen der malayischen Gebirgskette, besonders zu Bukit Ebu bei Kernai und zu Dreda und Goa Tumbus in Jalor. Es sind dies zinnsteinreiche Quarz-Sande, die mit Brauneisenerz verkittet sind. Das Zement scheint von der Zersetzung des Eisenkieses und Arsenkieses benachbarter Zinnerzgänge herzurühren. Die überall einem zersetzten Granit aufgelagerten Massen müssen gestampft werden, wenn man den Zinnstein daraus waschen will. Sie werden abgebaut, wenn sie über 1 % Schwarzzinn enthalten. Stellenweise kann der Gehalt bis 30 % steigen. Das Vorkommnis von Goa Tumbus führt neben dem Zinnstein auch oxydische Bleierze, wie Anglesit, Cerussit, Pyromorphit und Mimetesit, da in der Nachbarschaft auch Bleiglanz einbricht.

Lange vor der christlichen Zeitrechnung war der Zinnreichtum der malayischen Halbinsel und des benachbarten Archipels bekannt. Namentlich Perak produzierte schon seit langer Zeit Zinn. Bereits 1677 gab es in Perak und Queda Zinnmünzen. Die englischen Kronkolonien Singapore, Malaka und Penang, die sogenannten Straits Settlements, die übrigens selbst keine Zinnerze produzieren, sind die Hauptausfuhrstellen für dieselben. Die Seifen werden in neuerer Zeit z. T. hydraulisch bearbeitet. Auch Gangbergbau hat begonnen, so in den Staaten Pahang und Tringganu. Im Jahre 1897 produzierten die obengenannten malayischen Staaten 45632 t metallisches Zinn. Im Jahre 1905 erzeugten nach P. Krusch Perak 446781, Selangor 289867, Negri Sembilan 85133, Pahang 34879 Pikuls Zinnerz, das zu 70 % Zinn angenommen wird. Die Gesamtproduktion belief sich demnach auf 856660 Pikuls = 51710 t Zinnerz = etwa 36197 t metallisches Zinn. Im Jahre 1908 erreichte die Verschiffung von Zinn aus den Straits Settlements mit 60700 t ihr Maximum [1]).

Nach dem Druck des I. Bandes ging uns das Referat eines interessanten Vortrages J. B. Scrivenors [2]) vor der Perak Chamber of Mines zu, worin Vieles neue über die primären malayischen Zinnerzlagerstätten ausgeführt ist. Wir entnehmen daraus, daß mit der einzigen Ausnahme von den Zinnerzwäschen von Machi (Manchis) in Pahang in allen Zinnerzrevieren Granit bekannt ist. Überall hat sich das Zinn in den Scheitelregionen der Granitmassive konzentriert. Dies gilt auch für die Zinnerzfelder von Chinchong, Kenong und Sempan, wenn diese auch scheinbar in den mittleren Teilen einer Granitmasse liegen. Diese Regionen sind aber erst vor kurzem aus den Sedimenten durch die Denudation herausgeschält. Fast immer begleitet das Zinnerz der Turmalin. Eine Ausnahme macht nur Bundi in Kemaman, wo kein

[1]) Frankfurter Statist. Zusammenstellungen. 15. Jahrg. 1909, S. XXIV.

[2]) J. B. Scrivenor. *The origin of tin-deposits.* The Times of Malaya and Planters and Miners Gazette. Jan. 1909.

Turmalin, wohl aber spärlicher Axinit und Topas sich finden. Nicht immer ist der zinnführende Granit des Feldspates verlustig gegangen. So führt der zinnsteinreiche Turmalingranit von Chedai-Menglembu noch fast frischen Orthoklas und Plagioklas. Sonst haben die Erze den Charakter eines turmalinreichen Greisens, wie z. B. bei Gapis (Pahang) und bei Chinchong (turmalinarm). Die Zinnerzlagerstätten im Kalkstein führen neben Zinnstein Turmalin, Fluorit und Tremolit (Wollastonit? d. Verf.), viel Arsenkies und andere Sulfide (Beispiele: Kuala Lumpur, Penkalan u. a.). Sie gehören sehr wahrscheinlich zu unserer Gruppe IV in I. S. 144.

Auch die angrenzenden siamesischen Staaten, besonders Kedah, endlich gewisse Gegenden in Birma besitzen Zinnerzseifen von ähnlicher Art, wie die auf der malayischen Halbinsel.

Hier möge auch die neuerliche Bearbeitung schon länger bekannter reicher Zinnerzseifen im nordöstlichen Asien, nämlich im Flußgebiet des Onon in Transbaikalien kurz erwähnt sein.

7. Zinnerzseifen in Mexiko.

Unter den mexikanischen Zinnerzseifen scheinen diejenigen bei Tepezala im Staate Aguas Calientes besonderes Interesse zu verdienen. Nach dem von Alb. M. Doerr der Freiberger Sammlung übergebenen Material kommt dort der Zinnstein in nierenförmigen Massen von konzentrisch-schaliger Struktur, also konkretionärer Entstehung vor. Die bis nußgroßen Nieren sind zum Teil mit einer Kruste von Eisenglanzblättchen bedeckt. Neben diesen, wie an Ort und Stelle gebildet erscheinenden Nieren finden sich aber auch stumpfeckige, scheinbar gerollte Fragmente eines gleichfalls lagenförmig aufgebauten Zinnsteines.

8. Zinnerzseifen in Südafrika.

In Südafrika kennt man im Gebiete von M' Babane in Swazieland[1]) Zinnseifen, die mit den I. S. 306 kurz beschriebenen zinnsteinführenden Pegmatitgängen genetisch in Zusammenhang stehen. Nach A. von Dessauer sind diese früher schon von den Swazieland Tin Mines ausgebeuteten Lagerstätten seit der politischen Regulierung des Gebietes im Jahre 1908 an vielen Stellen erschlossen worden, besonders bei M' Babane und Ezulwene. Die monatliche Ausbeute an 70-prozentigen Konzentraten betrug schon 1907 22,5 t, 1908 dagegen 45—50 t. An den von rotem Granit mit zahlreichen Pegmatitgängen gebildeten Berghängen ziehen sich bis hoch hinauf eluviale Seifen von 1,5 bis 10 m Mächtigkeit. Sie enthalten den meist grau gefärbten Zinnstein oft in scharfen Kristallen und zum Teil noch mit Gangquarz verwachsen, da-

---

[1]) A. F. Molengraaff. *Annual Report of the State Geologist of the South African Republic.* 1897. — Briefl. Mitt. von A. von Dessauer und dessen Rep. on Mc. Creedy's Tin Mine 1908. — W. R. Rumbold. *The South African Tin-Deposits.* Trans. Am. Inst. Min. Eng. Vol. 39 1909, p. 783—789.

neben Monazit, Korund, Aeschynit, Euxenit, Turmalin, Rot- und Brauneisenerz, selten Magnetit, Scheelit, Wolframit und Gold. In den Bach- und Flußbetten dagegen finden sich zinnsteinhaltige Alluvionen, häufig auch große Mengen feiner Monazitsande und an Ilmenit reiche Lagen.

Jüngeren geologischen Alters sind ebenfalls nach A. von Dessauer die zinnsteinhaltigen Alluvionen von Bischoff Tin Mine bei Warmbad und Zaaiplats und die am Kuilsriver bei Kapstadt[1]). Mit den letzteren hängen mächtige Kaolinlager zusammen, die sich mit wechselndem Zinngehalt bis ans Meer und die Saldanha Bay verfolgen lassen.

Auch der Kongostaat enthält Zinnlagerstätten: In der Landschaft Katanga und zwar längs des granitischen Bia Gebirges sind Seifen in einer 150 km langen Zone zwischen den Flüssen Lualaba und Lufira bekannt. Nach J. R. Farrell[2]) führen sie neben Zinnstein auch Turmalin und Gerölle von Turmalinschiefer. Der Zinnstein stammt aus Quarzgängen. Eine durchschnittlich 0,7 m mächtige Geröllbank hielt 0,68 % Zinnstein.

δ) Seifen mit gediegen Zinn.

Zinnseifen im Haussaland[3]) und anderwärts.

Am Flusse Gimpy oder Kogin in den Naraguta oder Shere Bergen des Badiko Distrikts in der Provinz Bautschi des nördlichen Nigeriens wurden nahe am Kontakt von grobem, grauem Gneis mit Granit merkwürdige alluviale Zinnseifen entdeckt, die neben Zinnstein in meist ziemlich groben Körnern auch bis bohnengroße Knötchen von metallischem Zinn führen. Die letzteren tragen nur eine dünne oxydische Haut und enthalten bloß sehr wenig Eisen. Da sie etwa 4,5 m unter der Oberfläche gefunden worden sind, hatte man keinerlei Verdacht auf künstliche Herkunft. Seit langer Zeit waren diese Seifen von den Haussas ausgebeutet und das erschmolzene Zinn in den Handel gebracht worden.

Einer brieflichen Mitteilung W. Edlingers entnehme ich, daß auch im Alluvium des Aberfoil und Sam Rivers in N. S. Wales gediegen Zinn vorkommt, zum Teil verwachsen mit Iridosmium (beschrieben von Genth). Nach F. Zirkel sind 1 mm dicke Körner von dort bekannt.

---

[1]) P. A. Wagner. *Tin Deposits in the vicinity of Capetown.* Trans. Geol. Soc. S. Africa. XII. 1909, p. 102—111, pl. XV.

[2]) J. R. Farrell. *The Copper- and Tin Deposits of Katanga.* The Eng. and Min. Journ. Vol. LXXXV. Nr. 15, Apr. 1908.

[3]) Sydney Fawns. *Tin Deposits of the World.* London 1905, p. 139, after an accountof R. C. Nikolaus. Dez. 1905.

Endlich haben die Goldseifen des Urals als Seltenheit gediegen Zinn geliefert (C. F. Naumann, F. Zirkel, El. d. Mineralogie XV. Aufl. 1907, S. 417).

ε) Die Wismutseifen.

Des Vorkommens von gediegen Wismut in Seifen Boliviens haben wir bereits I. S. 311 gedacht. Größere Entwicklung hat dieser Lagerstättentypus in Queensland.

Wismutseifen in Queensland.

Nach W. Edlinger[1]) befinden sich im geologisch-mineralogischen Museum zu Brisbane Proben von Wismutkarbonat aus Seifen vom Percy Fluß (Cloncurry Distrikt) und von Nebentälern des Burdekin Flusses, der ein Granitgebiet entwässert. Neben den schmutzig gelben, gerundeten Körnern von Bismutit stellen sich dort auch solche von gediegen Wismut ein, die manchmal noch mit Quarz verwachsen sind, und endlich solche von Zinnstein. Alle diese entstammen schmalen, im Granit aufsetzenden Gängen, die selbst bergmännisch ohne Bedeutung sind.

Während immerhin die Wismuterzführung der Seifen des Burdekingebietes nur wissenschaftlichen Wert besitzt, kommen im Norden Queenslands Seifen vor, welche vor zwei Jahrzehnten eifrig auf Wismut verwaschen wurden und noch heute teilweise in Betrieb sind.

Solche Seifen finden sich bei Bamford im Thornborough Distrikt. Sie flankieren die Hänge der Granitberge, welche diese kleine Minenstadt im Norden halbkreisförmig umschließen, und begleiten die Wasserläufe, welche das Granitmassiv entwässern. Die aus Granitgrus, Quarz- und Porphyrgeröll bestehenden Seifen führen Wolframit und Wismuterze, nämlich gediegen Wismut in rundlichen, bis bohnengroßen und mit einem Hauch von Wismutkarbonat überzogenen Körnern und erdiges Wismutkarbonat in flachen Körperchen.

Den Gegenstand bergmännischer Unternehmungen in Bamford bilden heute zwar hauptsächlich mächtige Quarzgänge, in denen die genannten Erze in nesterförmigen Partien einbrechen und welche das Material zu den Seifenablagerungen lieferten, doch findet auch jetzt noch während der kurzen Regenmonate ein unbedeutender Wäschereibetrieb am Fuße der Granitberge statt.

---

[1]) Diesen Abschnitt verdanke ich wörtlich einem liebenswürdigen Briefe des Herrn Dipl. Berging. Dr. phil. W. Edlinger vom 11. III. 08.

ζ) Die Goldseifen.

1. Die Goldseifen des nordamerikanischen Kontinentes.

Unter allen Goldseifengebieten dürften die nordamerikanischen, besonders die kalifornischen, die größten Mengen des edlen Metalles erzeugt haben, und nirgends zugleich sind solche Lagerstätten wissenschaftlich genauer erforscht als hier.

I. Die kalifornischen Goldseifen[1].

Die kalifornischen Goldseifen bilden einen etwa 700 englische Meilen langen Zug an den unteren westlichen Gehängen der Sierra Nevada. Über den allgemeinen geologischen Bau dieses Gebirges und über seine primären Goldlagerstätten siehe I. S. 429.

Besonders auch im Hinblick auf die Art der Gewinnungsarbeiten kann man in Kalifornien drei verschiedene Klassen von Goldseifen unterscheiden, wobei allerdings geologisch nicht ganz gleichalterige Bildungen zusammengefaßt werden müssen:

a) Alluviale und diluviale Seifen auf der Sohle rezenter Flußtäler;
b) Seifen auf den mittleren Talterrassen nicht allzu hoch über dem heutigen Wasserlauf, meist hydraulisch abgebaut;
c) Seifen von eozänem bis pliozänem Alter auf Hochflächen und hochgelegenen Talterrassen, meist unterirdisch abgebaut (gravel mines).

---

[1]) Wichtigste Literatur: Laur. *Gisement et exploitation de l'or en Californie.* Ann. d. Mines, 1863, 6, III, p. 347. — H. Credner. *Beschreibung von Mineralvorkommen in N.-Amerika.* B.- u. H.-Z. 1866, p. 209. — J. A. Phillips. *On the Chemical Geology of the Gold-fields of California.* Phil. Magaz., 1868, 26. Bd., p. 231. — J. D. Whitney. *The Auriferous Gravels of the Sierra Nevada of California.* Cambridge (Harvard College Mem.) 1879—1880. — J. Leconte. *The Old River Beds of California.* Am. Journ. Sc. iii., XIX, 1880, p. 176. — Ross E. Browne. *The Ancient River Beds of the Forest Hill Divide.* Tenth Ann. Rep. Cal. State Mineralogist, 1890, p. 437—440. — H. W. Turner. *Auriferous Gravels of the Sierra Nevada.* Amer. Geol., 1885, p. 372. — A. C. Lawson. *The Post-Pliocene Diastrophism of the Coast of Southern California.* Bull. Dep. of Geol. Univ. of Calif., I, 115, 1893. — W. Lindgren. *Two Neocene Rivers of California.* Bull. Geol. Soc. of Am., IV, 1893, p. 257. — *Geological Atlas of the U. S. Geol. Survey.* Sacramento and Placerville Folios 1894. — W. Lindgren and F. H. Knowlton. *Age of the Auriferous Gravels of the Sierra Nevada.* Journ. Geol., IV, 1896, p. 881. — J. F. Kemp. *Ore Deposits.* 1900, p. 353—362. Mit weiteren Literaturangaben.

a) Die alluvialen und diluvialen Goldseifen.

Alluviale und diluviale Seifen (shallow placers) werden in Kalifornien gewöhnlich aus ziemlich grobem Geröllmaterial gebildet, besonders aus den härteren, hier an dritter Lagerstätte befindlichen Geschieben der älteren Seifen. Das Gold darin ist zuweilen in ansehnlich großen Stücken, zum Teil in mächtigen Klumpen angetroffen worden, meist in feinsten Körnchen und winzigen Scheibchen. Es zeigt im Gegensatz zu dem der älteren Seifen häufig sehr unregelmäßige Verteilung. Es ist begleitet von Magnetit, seltener von Zirkon, Granat, sowie von wenig Platin und Osmiridium. Diese Seifen, die auf die Sohlen der heutigen Talzüge beschänkt sind und größtenteils fluviatilen, zum Teil aber auch litoralen Ursprung haben, wurden bereits seit 1849 abgebaut. Anfangs sehr reich, waren sie schon um 1860 in der Hauptsache erschöpft. Der Abbau hatte in einem ganz regellosen Aufwühlen und Wiederaufwühlen mit primitiven Wäscheverfahren bestanden.

Die kalifornischen Seifen hatten in den ersten beiden Jahren bis 1853 eine Ausbeute, deren Wert auf 62000000 Dollars geschätzt wird.

b) Die spättertiären Goldseifen.

Diese unterscheiden sich lediglich durch ihre Lage auf den mittleren Talterrassen von den oben erwähnten. Sie befinden sich in einer solchen Höhe über den heutigen Wasserläufen, daß eine hydraulische Bearbeitung derselben möglich war. Durch die Schotter- und Sandmassen, die hierbei hinweg gespült wurden, sind weite Strecken fruchtbaren Talbodens verwüstet worden.

Diese beiden Arten von Goldseifen sind auch in anderen Teilen der Vereinigten Staaten verbreitet, so nach Kemp bei Santa Fé in Neu-Mexico, im Kalifornia Gulch bei Leadville, bei Fairplay und im San Miguel County in Colorado, im Sweetwater Distrikt von Wyoming, bei Butte, Last Chance und in den Prickly Pear Gulches bei Helena in Montana, in den Black Hills in Dacota, am Snake River u. a. O., im südlichen Idaho, an mehreren Stellen in Washington und Oregon.

c) Die tertiären Goldseifen.

Die tertiären Goldseifen stellen durch günstige Umstände, besonders durch Lavaströme vor der Zerstörung und Abtragung bewahrte Reste alter Flußläufe dar, die zum Teil auch in litorale Terrassen übergehen und verschiedenen Abschnitten der Tertiärzeit ihre Entstehung verdanken. Besonders durch die neuen Spezialaufnahmen der Geological Survey ist man jetzt ziemlich gut über die Richtung dieser alten Tal-

züge unterrichtet, die zum Teil denen von heute parallel laufen, stellenweise aber auch von diesen rechtwinklig geschnitten werden. Diese Gebilde ziehen sich in einer 250 Meilen langen Zone längs der Gehänge der Sierra hin und steigen hinauf bis zu 2100 m Meereshöhe. Ihre Mächtigkeit ist zum Teil eine bedeutende, wie am Columbia-Berg, wo sie 180 m erreicht, meist viel geringer. Sie bedecken Areale von 45—300 m Breite. Das Grundgebirge, dem sie aufgelagert sind, zeigt gewöhnlich deutlich die Form einer Rinne mit einem oder mehreren besonders vertieften Kanälen, wie aus dem Profil Fig. 316 hervorgeht. Die Flanken dieser alten Talrinnen im Felsuntergrund heißen „rims“, dieser letztere selbst wird „bed rock“ genannt. Im aufgerichteten Schiefergebirge haben sich die Kanäle gewöhnlich an besonders weiche Schichten gehalten.

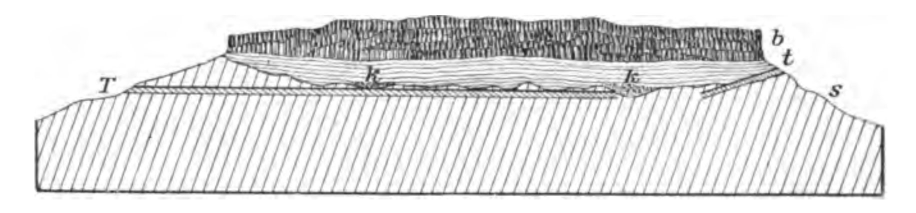


Fig. 316.

Profil durch den Table-Mountain in Kalifornien nach Whitney.

s Älteres Schiefergebirge, *k* Kanäle (channels), d. s. mit goldreichem Grand gefüllte Rinnen auf dem Schiefer, *t* Pfeifentone und Sande, *b* Basalt, *T* Tunnels (Buckeye-Tunnel).

Das Material, das in den alten Flußbetten abgelagert ist, besteht aus Schotter, Grand, Sand, Ton (pipeclay), vulkanischem Tuff und festen Lavadecken basaltischer, rhyolithischer oder andesitischer Zusammensetzung. Die Gerölle der gröberen Schichten bestehen vorzugsweise aus Quarz, zum Teil auch aus metamorphen Schiefergesteinen, bei gewissen jüngertertiären Vorkommen auch aus vulkanischen Gesteinen. Häufig sind die Gerölle durch ein kieseliges Zement verkittet. Auch das sehr gewöhnliche Auftreten verkieselter Hölzer zeugt für die Zirkulation von Kieselsäure. Die Kiese und Grande haben mehrfach Knochen und Zähne ausgestorbener tertiärer Wirbeltiere geliefert, die Tone Blattabdrücke spättertiären Alters.

Vielfach findet man Angaben, daß in den goldführenden Ablagerungen noch unter den Basaltdecken rohe Waffen und Werkzeuge des prähistorischen Menschen gefunden worden seien, so unter dem Table Mountain im Tuolomne County Speerspitzen und Reibsteine.

Die zuweilen den fluviatilen Schichten zwischengeschalteten vulkanischen Tuffe denkt man sich als Schlammströme, die nach großen Ascheneruptionen im Gebirge die alten Täler herabgeflossen seien.

Diese alten Flußläufe sind vielfach von späteren Dislokationen betroffen worden. Es hat sich nicht nur das Gebirge gegenüber den Küstenstrecken in seiner Gesamtheit seit der Bildung dieser Goldseifen höher erhoben, wie Le Conte und andere gezeigt haben, sondern die Seifen sind auch von Verwerfungsklüften durchsetzt worden. Fig. 312 auf S. 433 veranschaulicht einen solchen Fall. Zuweilen haben sogar Eruptivgänge auf Verwerfungsspalten die goldführenden Kiesschichten durchsetzt. Auch Stauchungen der fluviatilen Schichten will man beobachtet haben.

Das Gold kommt in den hochgelegenen Seifen gewöhnlich in sehr feiner Verteilung vor und fast immer besonders in den basalen Schichten. Am reichsten pflegen daran die erwähnten Kanäle im festen Grundgebirge zu sein, die man vermittels Stollnbetriebes ausräumt. Über das Vorkommen von goldhaltigem Pyrit in diesen basalen, oft blaugrau gefärbten Kiesen („blue gravel") wird weiter unten gesprochen werden.

Eine genauere stratigraphische Untersuchung, wie sie neuerdings durchgeführt worden ist, hat gezeigt, daß die hochgelegenen tertiären Seifen sich in folgende Altersstufen trennen lassen:

Aus dem Eozän sind einige wenige noch zweifelhafte Vorkommen bekannt. Die Hauptmasse gehört ins Miozän, ein kleinerer Teil, nämlich die Seifen, welche andesitische Tuffe und Laven enthalten, wird zum Pliozän gezogen. In den Amador und Calaveras Counties gehen diese fluviatilen Pliozänschichten in marine Seifen über. Diese stellen Ablagerungen in dem großen Meeresbusen dar, der damals das Haupttal des Landes einnahm. Diese marinen Seifen gehen bis zu 200 m über den heutigen Meeresspiegel hinauf.

Noch zweifelhaft ist die stratigraphische Stellung der unmittelbar unter den Basaltströmen gelagerten Seifenschichten, die prähistorische Reste lieferten. Wahrscheinlich gehören sie bereits in die Quartärzeit.

II. Die Goldseifen im Yukongebiet und anderwärts in Alaska[1].

Die Entdeckung der reichen Goldseifen im Yukongebiet und besonders am Klondike, einem Nebenfluß des Yukon, hat in den letzten

[1]) Wichtigste Literatur: G. M. Dawson, *Report on the Yukon District in 1887*. Geol. Surv. of Canada, 1887—88, Vol. III. B. — J. E. Spurr. *Geology of the Yukon Gold District, Alaska*. 18. Ann. Rep. U. S. Geol. Survey, Part. III,

Jahren außergewöhnliches Aufsehen erregt, sodaß eine kurze Skizze dieser Vorkommnisse hier am Platze ist.

Der Yukon, der größte Strom Alaskas, entspringt in mehreren Quellflüssen auf kanadischem Gebiete in der Höhe des 60. Breitengrades, hält bis zum Polarkreis nordwestlichen Verlauf ein, um sich hier nach SW. herum zu wenden und im Norton Sund das Beringsmeer zu erreichen. Die reichsten Seifen liegen auf kanadischer Seite in dem 21 km breiten und 43 km langen Gebiet zwischen dem Klondike und dem Indianfluß, die beide von Osten her dem oberen Yukon zuströmen.

Auf Vereinigtem Staatengebiet liegen dann weiter abwärts und westlich die ebenfalls reichen Vorkommnisse in den Seitentälern des Forty Miles Distrikt[2]) und des Birch Creek.

In diesen Gegenden wird das Grundgebirge aus kristallinen Schiefern, Glimmerschiefern, Hornblendeschiefern und kristallinen Kalken, vorzüglich aber von wohl paläozoischen Schiefern, Quarzitschiefern und Diabastuffen gebildet. Alle diese Schiefer werden von Graniten durchbrochen und sind von Pegmatitgängen und Gängen der kiesigen Goldquarzformation durchschnitten.

Die goldführenden Kiese und Grande ruhen in der Regel direkt auf dem Schiefer des Grundgebirges, nur zuweilen bildet eine Tonschicht auf jenem das Liegende. Gewöhnlich ist der Schiefer des Seifenbettes stark zersetzt und hat in seinen Rissen und Spältchen Gold aufgefangen. Die bauwürdige Lage der Seifen beschränkt sich meist auf 0,6 m, selten bis 3 m über dem Grundgebirge, der nicht bauwürdige Abraum beträgt 2,5—3 m, selten bis 7,5 m. Die Kiese bestehen aus großen, flachen Schieferfragmenten und Quarzgeröllen von geringer Abrollung, die mit Sand vermischt sind. Das Gold kommt zum Teil in ziemlich groben Partikeln vor und zuweilen noch verwachsen mit Gangquarz. Von anderen Schwermineralien begleiten es Bleiglanz, Magnetit, Brauneisenerz, Hornblende und Granat.

1898. — *Map of Alaska with descriptive text containing sketches of the Geography, Geology and Gold Deposits.* U. S. Geol. Survey. 1898. Mit älterer Literatur. — O. Nordenskjöld. *En Expedition till Klondike och Yukonterritoriet.* Ymer 1899. H. 1. — J. A. Tyrrell. *Glacial Phenomena in the Canadian Yukon District.* Bull. Geol. Soc. Amer., X., 193, 1899. — F. Andersson. *Das Klondike Goldfeld usw.* Essener Glückauf, 37. Jahrg., 1901, No. 6 u. 7. — R. G. Mc Connel. *Klondike Goldfields.* Geol. Surv. of Canada. 1901 and 1905.

[2]) L. M. Prindle. *Fortymile Gold-Placer District.* U. S. Geol. Surv. Bull. 345. 1908. p. 187.

Im oben erwähnten Gebiet zwischen dem Klondike und Indianfluß, das am berühmtesten geworden ist, herrscht als Grundgebirge ein Glimmerschiefer, dessen Quarzschmitzen in einzelnen Fällen goldhaltig gefunden wurden. Die goldführenden Ablagerungen zerfallen hier in Tal-, untere Terrassen- und obere Terrassenschotter. Der letztgenannte besteht wiederum aus einer braungefärbten, goldfreien oberen Schicht und einer weißlichen, quarz- und goldreichen unteren Schicht. Diese, dort als „white gravel channel" bekannt, ist die älteste Seifenbildung der Gegend. Sie wird zu 75—80 % aus Gangquarzgeröllen und Schieferbröckchen gebildet, die in Quarzsand mit Glimmerschuppen eingebettet sind. R. G. Mc Connell[1]), der die White Gravels zuletzt untersucht hat, hält sie für Absätze von relativ langsam fließenden, vielgewundenen Strömen der Pliozänzeit oder einer noch älteren Zeit, während welcher das Klima noch nicht so kalt war, da die weiße Farbe auf Auslaugung durch atmosphärische Wässer schließen läßt, wie sie heute dort im ewig gefrorenen Boden unmöglich ist. Von diesen alten Flußbetten haben alle Talseifen erst ihr goldhaltiges Material bezogen.

Von den Talseifen wird am meisten genannt die im Eldorado-Tal, dessen 39 unterste claims außerordentlich reich an grobkörnigem Gold waren. Dieses Gold hatte eine sehr geringe Feinheit (nur 750). Das untere Bonanzatal dagegen führt Blättchengold von größerer Feinheit. Nach R. G. Mc Connell verhält sich im Klondike-Rohgold Ag : Au an einigen Stellen nur wie 1 : 1, steigt aber bis 1 : 5 und ist durchschnittlich 1 : 2,3. Der Feingehalt des Goldes der verschiedenen Seifengebiete ist recht verschieden und richtet sich offenbar nach dem Feingehalt des Berggoldes der Gänge, welche die betreffenden Talstrecken versorgten. Der genannte Autor gibt hierfür eingehende Belege.

Von den oberen Terrassenschottern lieferten das meiste Gold die am Gold Hill an der Vereinigung der beiden eben genannten Täler. Das Gold nimmt hier von der Terrassenkante ab nach innen hin an Menge zu. Der „white gravel channel" ist hier bis 25 m mächtig. Das Gold kommt in abgerundeten Blättchen und Klumpen vor. An der oberen Terrasse vom French Hill dagegen, an der Mündung des Frenchtales ins Eldoradotal, finden sich scharfkantige Klumpen, die oft mit Kristallen besetzt sind. R. G. Mc Connell berichtet über sehr gründliche Untersuchungen, wonach der Goldgehalt der White Gravels vom Bed Rock aufwärts ganz konstant abnimmt. Sehr selten kommt inmitten des Vertikalprofils eine dünne zweite Anreicherungslage vor, dann immer durch eine kompakte Zwischenschicht von toniger Beschaffenheit veranlaßt. Trotzdem verwirft dieser Autor die Erklärung der reichen Basalschicht durch Annahme des allmählichen Einsinkens von Gold, vermutet vielmehr, daß die Geröllmassen vom Fluß sehr oft wieder umgelagert worden sind.

Da die Seifenschichten in diesen arktischen Ländern größtenteils Jahr aus, Jahr ein im gefrorenen Zustand sich befinden, müssen sie bei den Aufschlußarbeiten erst aufgetaut werden, und der eigentliche Wäschebetrieb ist auf die kurze Sommerzeit beschränkt.

Das erste Gold im Yukonflußgebiet wurde 1871 weit ab von Klondike in Britisch-Kolumbien am Dease Lake, nahe an der Quelle des Stikine-Flusses entdeckt,

---

[1]) R. G. Mc Connell. *Rep. on Gold Values in the Klondike High Level Gravels.* Geol. Surv. of Canada. 1907.

wo bis 1887 lebhafter Seifenbetrieb umging. Später wurden die Seifen am Birch Creek und im Forty Miles Distrikt fündig, und erst im Herbste 1896 diejenigen im eigentlichen Klondike-Gebiet. Der Wert der Goldproduktion des Yukondistriktes belief sich im Jahre 1900 auf gegen 18 Millionen Dollar. 1907 schätzte Mc Connell die gesamte dortige Goldproduktion auf 119 Millionen Dollar. Für die Seifen auf kanadischem Gebiet schätzte er die bisherige Produktion auf 94750000 $, die noch zu erwartende auf 53642620 $. 1905 hat das amerikanische Yukongebiet allein 12951 kg Feingold erzeugt.

III. Die Goldseifen im Cap Nome-Gebiet[1]).

Neuerdings haben endlich auch die erst im Herbst 1898 entdeckten und seit dem Sommer 1899 ausgebeuteten Goldlagerstätten im Gebiete von Cap Nome am Norton Sund der Seward-Halbinsel im Territorium Alaska von sich reden gemacht. Sie liegen unter 64°24′ nördlicher Breite in sehr unwirtlicher Gegend am Gestade des Beringsmeeres und in den Tälern der hier mündenden Flüßchen Snake und Nome River. Am Meeresstrande bestehen sie aus einer bis etwa 10 cm mächtigen, rötlich gefärbten, Gold führenden Sandschicht, die nur dünn von Kies bedeckt, in etwa 22 m Breite weithin längs des Strandes hinzieht, in den Tälern dagegen aus Gold führenden Sanden, die unter der Moordecke der Tundra liegen und nur durch eine goldarme, tonige Lage von dem anstehenden Gestein getrennt sind. Nach P. Krusch[2]) machen die kleinen Goldteilchen aus den Strandseifen von Cap Nome bei der Betrachtung mit dem bloßen Auge einen zerfressenen Eindruck. Unter dem Mikoskop zeigen sich die einzelnen Geröllchen im Gegensatz zu dem fluviatilen Gold durch tiefe Kanäle und Narben zergliedert, wie der Genannte vermutet, infolge der Anätzung durch Meerwasser. Die Talseifen enthalten viel Granat und Magnetit, lokal etwas Platin und Zinnober.

Von den Strandseifen geben wir das charakteristische Profil Fig. 317 nach F. Schrader und A. Brooks[3]). Im Sommer 1899 wuschen drei Mann am Strande vom 19.—25. August für ca. 470 Dollar Gold per Mann und Woche. Schnell wuchs eine neue Stadt Nome City empor, da schon am Ende des Sommers 1899 gegen 5000 Goldsucher zusammengeströmt waren. Im Jahre 1905 erzeugte das Gebiet 6922 kg Rohgold.

---

[1]) Weber. *Die Goldlagerstätten des Cape Nome-Gebietes.* Z. f. pr. G. 1900, S. 133—136.

[2]) P. Krusch in K. Keilhack. *Lehrbuch der praktischen Geologie.* II. Aufl. 1908, S. 364.

[3]) *Preliminary Report on the Cape Nome Gold Region Alaska.* U. S. Geol. Surv. 1900. Washington.

Seit dem Erscheinen der zweiten Auflage dieses Werkes ist die Seward-Halbinsel[1]), die noch vor wenig Jahren nur von ein paar hundert Eskimos und vereinzelten Weißen bewohnt war, infolge der Entdeckung immer neuer Goldgründe zu einem Schauplatz einer regen Industrie geworden, die dauernd 3—4000, im Winter mehr als doppelt so viel Menschen beschäftigt und jährlich eine Produktion im Werte von ungefähr 8000000 $ aufweist (A. H. Brooks). Die Totalproduktion von Seifengold auf der Seward-Halbinsel hatte von 1898 bis mit 1906 den Wert von 37247000 $ erreicht. Seit der Entdeckung der Strandseifen von Nome und dem großen „Rush" vom Jahre 1900 dorthin hat man auch im Innern zahlreiche wertvolle Seifengebiete erschlossen,

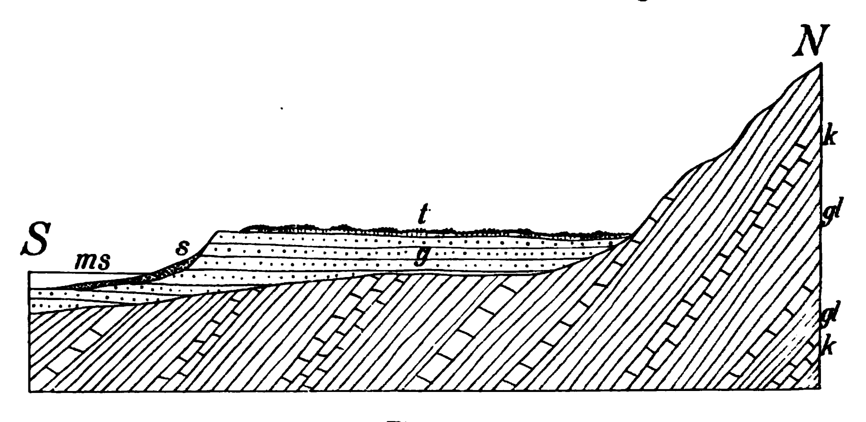


Fig. 317.

Profil durch die Goldseifen am Strande des Nome-Gebietes.

gl Glimmerschiefer und Gneis, *k* Kalkstein, *t* Torf und Moor der Tundra, *g* ältere Grande, Sande und Tone, *s* Gold führende Sande und Grande, *ms* Meeresspiegel.

so am Daniels Creek und Ophir Creek, später am Kougarok-Fluß und im Council-Distrikt. Im Jahre 1905 waren die Hauptgebiete, wie folgt, an der Produktion beteiligt:

Nome-Distrikt (im Süden)	3400000 $
Council-Distrikt (in ONO. von Nome)	500000 „
Kougarok-Distrikt (im Innern, im N. von Nome)	400000 „
Fairhaven-Distrikt (am Kotzebue-Sund im N.) .	300000 „
Alle übrigen Distrikte	200000 „
	4800000 $

[1]) A. J. Collier, F. L. Hess, Ph. S. Smith and A. H. Brooks. *The Gold Placers of Parts of Seward Peninsula, Alaska.* U. S. Geol. Surv. Bull. No. 328. Washington 1908.

Schon hat man auch die Goldquarzgänge oberhalb der Seifen in Angriff genommen, so in der Big Hurrah Mine, deren Gänge in einem graphitführenden Kieselschiefer aufsetzen und das Gold vorläufig nur als Freigold führen. Auch hat die hydraulische Bearbeitung der Seifen großen Umfang angenommen. A. H. Brooks hielt es 1908 für im Bereich der Möglichkeit liegend, daß die Seifengold-Reserven der Seward-Halbinsel damals noch auf 250—325 Millionen $ im Wert sich beliefen.

Inzwischen sind auch an der Cap Nome gegenüber liegenden Küste Ostsibiriens reiche Goldseifen entdeckt worden.

2. Südamerikanische Goldseifengebiete.

Unter den südamerikanischen Goldseifengebieten beanspruchen diejenigen in Surinam (Holländisch Guyana), in Britisch und Französisch Guyana sowie in Venezuela das meiste Interesse. In neuerer Zeit sind vielfach auch die Seifen im Feuerlande genannt worden.

Der Boden des urwaldbedeckten **Surinam**[1]) wird bis auf eine schmale Zone jüngerer Sedimente längs der Küste von kristallinen Massen- und Schiefergesteinen gebildet, besonders von Graniten, Gneisen, Glimmerschiefern, Amphiboliten und Quarziten, denen Gabbros, Diabase und Diorite eingeschaltet sind. Mehrere der nordwärts strömenden Flüsse sind von Goldseifen begleitet, am meisten der Suriname-Fluß. Nach G. Du Bois hat nur etwa der zehnte Teil dieser Seifen das Edelmetall aus zerstörten Golderzgängen erhalten, wie z. B. die de Jong-Seife und der Guyana Goud Placer, die meisten vielmehr aus goldhaltigen Diabasen. Es zeigt dies bereits die enge räumliche Beziehung zwischen Seifen und Diabasen. Vielfach werden übrigens schon die eluvialen, gewöhnlich lateritischen Verwitterungsmassen dieser Gesteine lohnend auf Gold verarbeitet. Je höher die Betriebe an den Gehängen der Diabasberge hinaufgehen, desto geringer pflegt der Goldgehalt solcher Schuttmassen zu sein.

Die Konzentration des Goldes bei der Lateritbildung zeigt Du Bois durch folgende Angaben: auf Placer Victoria ergab wenig zersetzter Diabas 0,2—0,6 g Gold pro t, der in situ befindliche Laterit dagegen 3—10 g pro t. Die größte Anreicherung in der eluvialen Lateritseife

[1]) G. C. Du Bois. *Geol.-bergm. Skizzen aus Surinam.* Freiberg 1901. — Derselbe. *Beitr. z. K. der Surinamischen Laterit- und Schutzrindenbildungen.* Tschermaks Min. u. petr. Mitt., Bd. XXII, 1903. — W. C. H. Staring. *Jets over de geol. Gesteldheit van Suriname.* Alg. Konst- en Letter-Bode. 1884. — K. Martin. *Bericht über eine Reise nach Niederl. Westindien.* Leiden 1888. — Wir verdanken Herrn Dipl.-Ing. Dr. phil. G. C. Du Bois reiche Proben aus den Seifen Surinams.

trifft man etwas oberhalb des Kontaktes des Laterithaufwerks mit dem darunter als Bedrock anstehenden Tiefenlaterit.

Das Gold in den Seifen hat gewöhnlich nur die Form sehr feiner Stäubchen und Körnchen. Selten kommen größere Klumpen vor, wie der 1896 auf dem de Freitas Placer gefundene von 5,876 kg Gewicht. In der Victoria Seife und an einigen anderen Punkten findet sich das sog. Schwarzgold, das sind Klumpen mit einer schwarzglänzenden Eisenoxydkruste.

Die Entdeckung der Goldseifen fand 1874 statt. Die Jahresproduktion an Gold von ganz Surinam erreichte 1891 mit 1236,919 kg ihren höchsten Stand. 1899 betrug sie 872,249 kg. Im Jahre 1905 hat sie sich nach längerem Stand zwischen 700—900 kg wieder auf 1071 kg erhoben.

Zu den ausgedehntesten und reichsten Goldseifen der Erde gehören die von **Britisch-Guyana** worüber kürzlich die ausgezeichnete Monographie von J. B. Harrison[1]) erschien, nachdem wichtige Publikationen desselben Verfassers und H. J. Perkins', sowie solche von E. E. Lungwitz, E. G. Braddon, C. W. Anderson u. A. vorausgegangen waren. Die Seifengebiete bedecken, soweit sie bereits als bauwürdig nachgewiesen sind, eine Fläche von über 1000 engl. □ Meilen. Sie zerfallen in die nordwestlichen Goldfelder am Laufe des Arakaka-, Manikuru- und Barima-Flusses, in die Seifen am Groete Creek und Cuyuni-Fluß, die am Mazaruni- und Puruni-Fluß, sowie die am Essequibo-, Potaro- und Konawaruk-Fluß. Die Feinheit des Seifengoldes schwankt zwischen 891—941. Nach J. B. Harrison haben nur etwa 10 % der von ihm untersuchten Seifen das Gold aus zerstörten Goldquarzgängen und ähnlichen Lagerstätten erhalten. Die große Hauptmenge vielmehr bezog das Edelmetall genau, wie dies Du Bois für Surinam nachwies, aus der Verwitterung von Diabasen, Gabbros und Amphiboliten. Schon die aus diesen gebildeten Laterite enthalten oft Gold in bauwürdiger Menge, und kleinere Quantitäten vermochte J. B. Harrison in zahlreichen Proben der ganz frischen Muttergesteine jener Art nachzuweisen. Besonders solche Gabbros und Diabase, die in ihrer Masse mikropegmatitische Partien von Feldspat und Quarz enthalten, fand er goldhaltig. Auch Aplite führen in diesem Lande zuweilen Gold.

Von großem wissenschaftlichem Interesse ist u. a. die wichtige Goldseife von Omai, am linken Ufer des Essequibostromes, 120 Meilen von Georgetown. Das darin enthaltene Gold kommt nach E. E. Lung-

---

[1]) J. B. Harrison. *The Geology of the Goldfields of British Guiana with Chapters by F. Fowler and C. W. Anderson.* London 1908. Mit Lit. — J. B. Harrison. *Geolog. Map of the northern B. Guiana.* 1906.

witz[1]) in Partikeln von feinstem Staub bis zu Stücken von 1057 g im Gewicht vor und ist begleitet von viel goldreichem Quarz. Das Gold stammt nach demselben Autor zum Teil aus einem mächtigen Gang von schwach goldhaltigem Aplit (feinkörnigem Ganggranit), worin es mit kupferhaltigem Eisenkies verbunden ist, zum anderen Teil aus zerstörten Konglomeraten und Sandsteinen. Über die Art und Weise, in der sich Lungwitz den Transport dieses Seifengoldes denkt, siehe weiter unten. Im Jahre 1905 erzeugte diese Kolonie 3062 kg Rohgold.

Die Goldgewinnung in Britisch-Guyana hat erst im Jahre 1884 eingesetzt. Sie erreichte 1893—94 ihren Höhepunkt (4308,2 kg). Die Totalausbeute von 1884—1907 beträgt nach F. Fowler 60225 kg im ungefähren Werte von £ 7240000.

In **Venezuela** waren die im Jahre 1849 entdeckten Goldseifen am Yuruari-Fluß im Hochlande von Upata, südlich vom Orinoko, der Anlaß zur späteren Aufschließung der berühmten primären Lagerstätten bei Callao (siehe I. S. 433).

Ganz besonders gründlich sind wir auch über die wissenschaftlich sehr interessanten, sekundären, wie auch primären Goldlagerstätten **Französisch-Guyanas** unterrichtet, worüber eingehende Arbeiten von E. D. Levat[2]) vorliegen.

Hiernach trifft man die Golderzlagerstätten dieses Landes vorzüglich in den Kontaktregionen zwischen dem Gneis und den kristallinen Schiefern und den intrusiven Granitmassen, und zwar wiederum in dieser Zone besonders dort, wo in dem Schiefergebirge Massen von Diorit und Diabas sich finden. Diese Gesteine herrschen zum Beispiel im Grundgebirge bei den Seifen St. Elie, Dieu Merci, Elisée, Pas-trop-tot und Awa. Gewöhnlich hat man zugleich in mehreren benachbarten Tälern, die von einer solchen Diorit- oder Diabasmasse ausstrahlen, Gold nachzuweisen vermocht.

Diese Gesteine besitzen einen primären Goldgehalt, immer in Verbindung mit einem Silbergehalt. Das Gold sitzt darin teils als Freigold, und zwar selbst in tadellos frischen, gänzlich unzersetzten Proben, teils gebunden an Pyrit, der zuweilen bis zu 5 % der ganzen Masse ausmachen kann.

---

1) E. E. Lungwitz. *Über die regionalen Veränderungen der Goldlagerstätten.* Diss. Rostock. Leipzig 1899. — Derselbe. *Die Goldseifen von Britisch-Guiana.* Z. f. pr. G. 1900, S. 213—218. — J. B. Harrison and H. J. Perkins. *Rep. on the North Western Distr. of Brit. Guiana.* Georgetown 1897—98.

2) E. D. Levat. *The Gold Fields of French Guiana.* In „The Mineral Industrie" edited by R. P. Rothwell. Vol. VII. New York and London 1899. — Derselbe. *Guide Pratique pour la Recherche etc. de l'Or en Guyane Française.* Paris 1898. — Derselbe. *La Guyane Française en 1902.* Paris 1902.

	Es enthielten nach Levat		
	in Prozent	in Gramm pro 1000 kg	
	FeS_2	Gold	Silber
Diorit vom Roche Creek	5,2	2,0	6,0
Diorit vom Pichevin Creek	4,1	1,5	2,0
Diorit von Maripa mit sichtbarem Freigold	0,5	24,0	4,0
Amphibolit („Grison") vom Telegraphen-Berg in Cayenne	1,4	0,24	0,02

Man vergleiche damit das auf I. S. 26 über den primären Goldgehalt von Diabasen und Dioriten Gesagte.

Diese „Grünsteine" bilden nun zunächst die Quelle für den Goldgehalt gewisser eluvialer Seifen, die dort als „roches à ravets", „Kakerlakenstein", wohl nach Analogie unseres „Kramenzelkalks" wegen der porösen und kavernösen Beschaffenheit so genannt, bekannt sind. Es sind die lateritischen Brauneisensteine, die sehr große Ähnlichkeit mit Raseneisenerz haben und als Verwitterungsprodukt der Grünsteine nicht etwa horizontale Schichten in den Tälern bilden, sondern als eine allgemeine Hülle Berg und Tal überziehen.

Die folgenden, von Levat veröffentlichten Analysen bestätigen diesen Charakter und diese Herkunft der Kakerlakensteine von Dioriten oder Diabasen:

	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	CaO	P_2O_5	MgO	H_2O
1. Probe I. von Maripa . . .	54,70	12,10	8,55	5,50	0,67	6,10	7,80
2. Probe II. von Maripa . .	59,40	14,80	9,50	6,80	0,02	5,40	9,10
3. Probe von Roche Creek zu Awa	60,35	14,10	7,40	—	—	—	14,10
4. Probe von Pichevin Creek zu Awa	59,40	14,50	6,50	4,80	1,02	3,10	10,10
5. Probe von Central Settlement zu Awa	58,25	13,15	8,10	—	—	—	—

Diese roches à ravets enthalten Freigold, und zwar gerade wie bei dem primären Gold im Diorit und Diabas immer in Verbindung mit einem Silbergehalt. Der Gehalt schwankt für Gold zwischen 0—18,5, ja ausnahmsweise bis 73 g pro t, für Silber zwischen 16—20 g pro t. Die Feinheit des Goldes beträgt dementsprechend nur 700—850 Tausendteile.

Außer diesen eluvialen Massen kennt man dort echt fluviatile Goldseifen, deren taubes Material wesentlich aus Quarz besteht, und die auf tonig zersetztem Grundgebirge aufruhen. Unmittelbar auf dem Ton trifft man ihre goldreichste Lage von 5—10 cm Dicke. Solche Seifen liegen z. B. am Appronague, am Sinnamary- und Mana-Fluß. Ihr Goldgehalt dürfte von Goldquarzgängen mit Pyrit und etwas Arsenkies herrühren, die als Lagergänge die kristallinen Schiefer mehrorts durchsetzen und dort, wo sie quer durch die Flußtäler streichen, die Veranlassung zur Heraus-

bildung von Wasserfällen sind. Unter diesen Gängen haben sich einige, wie der von Adieu Vat, als bauwürdig erwiesen.

Über die Goldseifen bei Punta Arenas und im nördlichen **Feuerland** berichtete zuerst R. Pöhlmann[1]). Als ihr Muttergestein bezeichnete er Glimmerschiefer mit goldführenden Quarzlinsen. Das Material sei von Gletschern transportiert und von Flüssen weiter verbreitet worden.

Nachdem sich inzwischen die Gewinnungsarbeiten in diesem entlegenen Gebiete sehr ausgedehnt haben, verdanken wir brieflichen Mitteilungen des Herrn Bergingenieur E. Stuven und dem Aufsatze von R. A. F. Penrose jr.[2]) weitere Aufklärung.

Danach findet sich das Gold zum Teil auch in marinen Sanden, so bei Kap Virgins (Patagonien) am östlichen Eingang der Magalhães Straße (Estrecho de Magallanes), wo 1884 die Arbeiten begannen. Sie ziehen sich weit an der Ostküste der Hauptinsel des Feuerlandes hin, besonders bei Paramo in der Nähe der San Sebastian Bucht, finden sich ferner auf einer Anzahl kleiner Inseln ganz im Süden des Archipels bei Kap Horn, z. B. Navarin Island, Lennox Island u. a., endlich auch an der Westküste, besonders nördlich der Magalhães Straße. An Flüssen liegen die Seifen bei dem infolge der Goldfunde neugegründeten Orte Porvenir auf Feuerland, gegenüber von Punta Arenas, auf chilenischem Gebiete. Anfangs hatten an dieser Stelle hauptsächlich dalmatinische Ansiedler einen Kleinbetrieb unterhalten, bis 1904 von nordamerikanischen Unternehmern Dampfbagger aufgestellt wurden, von denen 1907 schon ein Dutzend vorhanden waren.

Die Goldseifen an den Küsten liefern vom Meere aufbereitetes und angereichertes Material fluviatiler Herkunft. Das Gold ist hier mit viel „schwarzem Sand" vermischt, der wesentlich aus Magnetit und vielen Granatkörnchen besteht. Diese marinen Seifen werden durch die sehr bedeutende Gezeitenströmung, die in der Magalhães Straße 9 m, bei Springfluten 13,5—15 m steigt und fällt, im hohen Grade beeinflußt. Es kann so immer wieder von neuem eine Konzentration des Goldes stattfinden, viel schneller, als in einem Flußbett, weil in diesen marinen Wasserstraßen die Richtung des gewaltigen, schnell durcheilenden Stromes vier mal in einem Tage wechselt. (Penrose.)

---

[1]) R. Pöhlmann. *Die Goldseifen bei Punta Arenas und im nördl. Feuerland.* Verh. d. Deutsch. wissensch. Ver. in Santiago (Chile), Bd. IV., S. 307—318.

[2]) R. A. F. Penrose jr. *The Gold Regions of the Strait of Magellan and Tierra del Fuego.* Journ. of Geol. Vol. XVI. No. 8. 1908. (Chicago). p. 683 bis 697.

3. Die Goldseifen im Ural.

Der mittlere und der südliche Abschnitt des Uralgebirges, besonders in der Gegend von Bogoslowsk, Nischne Tagilsk, Berjósowsk, Miask und Orenburg, ist reich an Goldseifen [1]), über deren allgemeine geologische Verhältnisse A. Karpinsky [2]) auf Grund der offiziellen Aufnahmen folgende Mitteilungen gemacht hat:

Die uralischen Goldseifen bilden geschichtete Ablagerungen, deren Mächtigkeit bis zu 4 m ansteigen kann, jedoch gewöhnlich nur 0,5 bis 1 m beträgt. Sie erstrecken sich zumeist nur auf eine Länge von 20—40 m, zuweilen aber auch bis zu 200—500 m. Nur ganz ausnahmsweise trifft man solche von 4,5—12 km Länge, wie bei den Seifen von Peschtschanka im Distrikt von Bogoslowsk. Ihre Breite ist zuweilen eine geringe, 2—4 m, in der Regel größer, 20—40 m, ausnahmsweise sogar 100 m und darüber. Bisweilen lagern die goldhaltigen Sedimente unmittelbar unter dem Rasen, meist jedoch unter einem 0,5—4 m, ja bis 20 m mächtigen Abraum von sterilen Granden, Sanden und Lehmen. Der Abraum wird dort „turfa“ genannt, weil bei den zuerst in Arbeit genommenen Seifen tatsächlich Torf oben auflag, und diese deutsche Bezeichnung auch für anders geartete Abraummassen übernommen wurde. Die goldführenden Sande und Gerölle lagern fast immer direkt auf dem Grundgebirge („plotik“), nur selten werden sie von diesem durch eine taube alluviale Kies- oder Sandbank getrennt.

Die meisten Seifen liegen am Ostabhange des Gebirges in den breiten Talauen des Mittellaufes der heutigen Flüsse, und zwar gewöhnlich in einem Niveau unter dem Wasserspiegel der letzteren. Wie die in den goldführenden Schichten gefundenen Reste von Elephas primigenius, Rhinozeros tichorhinus und anderen diluvialen Tieren beweisen, gehören die Ablagerungen der Quartärzeit an und rühren aus einer Periode lebhafter Talzuschüttung her, der auch die vielen, manchmal ebenfalls mit goldhaltigem Detritus angefüllten Seen und Sümpfe dieses Gebirgsteiles ihre Entstehung verdanken. So kennt man zum Beispiel goldhaltige Sedimente im Ilmensee.

---

[1]) M. Karpinsky. *Sur les sables aurifères* (russ.). 1840. — R. Helmhacker. *Der Goldbergbau der Umgebung von Berezovsk.* B.- u. H.-Z. 1892, S. 45. — F. Pošepny. *Die Golddistrikte von Berezov und Mias am Ural.* Archiv f. prakt. Geol. zu Freiberg. II. Bd., 1895, S. 499—598.

[2]) A. Karpinsky. *Versant oriental de l'Oural.* Guide des Excursions du VII. Congrès Géologique Internat. 1897. V. Nebst weiteren Literaturangaben.

Das Gold der Seifen kommt in Gestalt winziger Körnchen und Blättchen, nur sehr selten in größeren Klumpen vor. Der größte der letzteren, der bekannt geworden ist, wurde mit einem Gewicht von ungefähr 36 kg in den Zarewo-Alexandrowsky-Seifen im Distrikt von Miask gefunden. Die Verteilung des Goldes ist eine häufig wechselnde. Doch gelten im allgemeinen dafür die S. 428 angeführten Regeln. Der Goldgehalt der uralischen Seifen schwankt gewöhnlich zwischen 0,57 bis 2,6 g pro t. Unter 0,57 g Gehalt lohnt das Waschen nicht mehr. Doch geht man, wenn Wasser hinreichend vorhanden ist, und die Verhältnisse sonst günstig liegen, bis nahe an diese untere Grenze heran, wie zum Beispiel bei Bogoslowsk, wo noch ein ungefähr 2 m mächtiges Seifenlager von nur 0,6 g durchschnittlichem Gehalt unter einer sterilen Deckschicht von 2,5 m Mächtigkeit ausgebeutet worden ist. Ausnahmsweise stieß man auch auf viel reichere Nester in den Seifenlagen, sogar bis zu einem Gehalt von 16 kg Gold pro t. Auch die Sand- und Geröllmassen in den Flußbetten selbst werden durch Bagger lebhaft ausgebeutet [1]).

Das Gold wird in den Seifen begleitet von Magnetit, seltener von Eisenglanz, Titaneisenerz, Chromeisenerz, Platin, Zinnober, Granat, Zirkon, Disthen und Diamant. Rätselhaft ist das vereinzelte Vorkommen von gediegen Zinn, während dasjenige von gediegen Blei bestimmt auf Kunstprodukte zurückgeführt wird.

Die meisten Seifen liegen im Gebiete des kristallinen Schiefergebirges, von dessen Schichten, wie auf S. 428 ausgeführt worden ist, besonders Kalksteineinlagerungen auf der Sohle der Seifenlager als Goldfänger wirken.

Über die ursprünglichen Goldlagerstätten des Urals, deren Zerstörungsprodukte die Seifen sind, vergleiche man das I. S. 444, 449 und 459 Gesagte.

Während das Gold auf Gängen im Ural bereits im Jahre 1745 entdeckt worden sein soll, wurde man erst 1814, und zwar zunächst bei Berjósowsk, auf den Goldgehalt der Seifen aufmerksam. Übrigens scheinen schon die prähistorischen Tschuden Gold in diesem Gebirge gewaschen zu haben, denn in Tschudengräbern fanden sich nach F. Pošepny Armbänder aus Gold von der gleichen Legierung, wie das dortige Waschgold.

Im Jahre 1899 wurden im Ural 10448 kg Gold geliefert und zwar im Gouvernement Perm 6015,34 kg, Orenburg 4420,7 kg und Ufa 12,3 kg.

Daß auch der Kaukasus Seifengold enthält, deutet schon die

[1]) W. H. Shockley. *Gold Dredging in the Urals etc.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., Febr. 1906, p. 611.

alte Sage von der Fahrt zum Goldenen Vließ nach Kolchis an. Tatsächlich ist in Swanetien, im alten Kolchis, Gold nachgewiesen [1]).

4. Die Goldseifen Sibiriens [2]).

Sowohl West- wie Ostsibirien ist reich an Goldseifen. In **Westsibirien,** im Bereich der Bergwerksverwaltung zu Tomsk, trifft man Seifen in der östlich vom Ural sich ausdehnenden Steppenlandschaft im Kreise Tobolsk-Akmolinsk und im Altaigebiet im Kreise Ssemipalatinsk-Ssemirjetschensk. Sie sind im allgemeinen arm. In den nach der chinesischen Grenze zu gelegenen Gegenden beutet man Seifenlager aus mit 0,16—0,21, seltener mit 0,32—0,40 g Gold pro t Sand. An einzelnen Stellen ermöglichen der Wasserreichtum der Gegend und die große, bis zu 10 m ansteigende Mächtigkeit der Gold führenden Schichten, daß selbst noch Seifen mit nur 0,108 g pro t Sand abgebaut werden können.

Nach J. Hergenreder [3]) sind sowohl im südwestlichen Vorsprung des Altai, im Kalbinsky und Narymsky Gebirge [4]) wie auch in dem zentralen Teile, in den Flußgebieten der Ströme Buchtarma und Katunj, sowie im Bereiche des Teletzki Sees Goldseifen in Ausbeutung begriffen. Am allerreichsten daran indessen ist der nördliche Altai mit seinen beiden Abzweigungen, dem Salair und dem Alatau. Das Goldgebiet des nördlichen Altai liegt zwischen 51° 30′ und 56° 30′ n. Br. und zwischen 85 und 90° ö. L. Der Kern des Gebirges wird von kristallinen Gesteinen gebildet, besonders Granit, Syenit, Diorit, Diabas und Porphyren. Hieran schließen sich metamorphe Kalke und Schiefer, endlich Devon und Karbon (Kusnetzky Kohlenbecken). Die reicheren Seifen liegen im Kalkstein- und Schiefergebiet. Der Abraum beträgt 1—10 m und darüber, der mittlere Goldgehalt der waschbaren Partien 0,35—1,9 g, ausnahmsweise aber auch bis 3,09 g p. t. Das Seifengold wird begleitet von Platin, Zinnober, ged. Wismut, Magnetit, Eisenglanz, Hämatit, Braun-

---

[1]) N. Lébédew. *Gold im Kaukasus* (russisch mit deutschem Résumé). Tiflis 1898.

[2]) M. W. Gribassowy. *Der Goldbergbau in Sibirien.* Berlin 1896. — E. Levat. *L'or en Sibérie orientale.* 2 t. Paris 1898. — René de Batz. *The Auriferous Deposits of Siberia with Mining Map of Siberia.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., 28. Bd., 1899, p. 452.

[3]) Freundliche briefliche Mitteilungen des Herrn Dipl. Bergingenieurs J. Hergenreder vom 14. März 1909.

[4]) J. Hergenreder. *Zur Kenntnis des Altais.* Geol.-bergm. Skizze des Kalbinsky-Gebirges. Z. f. pr. G. 1909. S. 166—177. Hierin auch eine eingehendere Beschreibung der in unserem Werke I. S. 445 erwähnten Grube „Udaly".

eisenerz, Titanit, Chromit, Almandin, Bergkristall, gemeiner Hornblende und Aktinolith.

Speziell am Alatau liegen die wichtigsten Seifen am Ostabhang an den Flüssen Kija und Jaja, die zum Ob laufen, im Bezirk Mariinsk. Die totale Goldproduktion von 1829 bis mit 1907 betrug hier 44760,5 kg und hatte ihr Maximum 1843 mit 1211 kg erreicht, damals bei einem Durchschnittsgehalt der Sande von 3,091 g p. t. 1907 betrug die Produktion hier 90 kg, und der Durchschnitt war bei den durch Handarbeit abgebauten Seifen 0,672 g p. t., bei denen mit Baggerarbeit 0,217 g p. t.

Die Goldseifen des Westabhanges des Alatau liegen in den Tälern der rechten Zuflüsse der Tomj, nämlich der oberen, mittleren und unteren Terj, der Usa, Beljsa, Taidon und Osipowa. Dieses Gebiet lieferte bis mit 1902 total etwa 13448 kg Gold.

Der nördliche Altai, das Abakangebirge mit den Flüssen Balyksa, Kondoma, Mrassu Lebedj und Abakan lieferte bis mit 1902 total etwa 44450 kg.

Im Salairgebirge sind die Täler der Sujenga und Ik (rechte Nebenflüsse des Berdj), sowie der Kasjma und Ura (linke Nebenflüsse des Inja) goldführend. Das Grundgebirge ist meist ein Kalkstein, der von pyritischen Goldquarzgängen durchsetzt wird. Im reichen Revier Egorjewski Priisk beträgt der Durchschnittsgehalt der Sande 1,67 g p. t.

Dem geologischen Alter nach gehören die meisten Goldseifen des Altai zur Quartärperiode. Sie enthalten zuweilen Reste diluvialer Tiere, wie Elephas primigenius und Rhinoceros tichorhinus.

Dem **mittleren Sibirien** gehören die früher sehr reichen, jetzt zum größten Teile ausgebeuteten Seifen im Flußgebiet des Jenissei an, in den Bergwerksbezirken Jenissei-Nord und Jenissei-Süd, mit Kraßnojarsk und Kainsk. Die Mächtigkeit der Gold führenden Schichten betrug hier zwischen 1,4 und 2,8 m. Ausnahmsweise nur stieg sie bis zu 2,8 m. Die Mächtigkeit des Abraumes schwankt zwischen 0,7—10,65 m. Seit 1882 hat man auch Goldbergbau auf Gängen hier begonnen.

Die unter der Bergwerksverwaltung zu Irkutsk stehenden, über einen sehr weiten Erdraum verteilten Seifen von **Ostsibirien** sind im allgemeinen reicher als die westsibirischen. Folgende Gebiete kommen hauptsächlich in Betracht: das Flußgebiet der Lena, der Distrikt von Nertschinsk in Transbaikalien, an den Quellflüssen des Amur, Schilka und Argun und das eigentliche Amurbecken nebst dem Küstengebiet südlich von der Mündung dieses Stromes.

Das **Lenagebiet** enthält goldreiche Flußtäler an der nordwestlichen Abdachung des Jablonoigebirges. Besonders ertragsreich sind die Seifen an den Flüssen Olekma und Wittim und den zugehörigen Seitentälern. Im Kreise Olekma beträgt der mittlere Goldgehalt der bauwürdigen Sande 2,7—4,3 g, im Kreise Wittim 7,8—12,2 g, ja ausnahmsweise bis 14,3 g pro t. Das Gold ist ziemlich grobkörnig. Zuweilen findet es sich sogar in kleinen Klumpen. Es kommen hier bisweilen 2, ja 3 goldführende Horizonte übereinander vor. Wie im Klondikegebiet ist auch hier vielfach der ganze auszuschachtende Boden ewig gefroren.

In **Transbaikalien** liegen die Hauptseifengebiete in der Gegend von Tchita, Akscha und Nertschinsk, sowie von Bargusinsk und Ober-Udinsk im westlichen Teile dieses Landes.

Die Goldseifen des **Amurgebietes** bilden vier Gruppen an den linken Nebenflüssen des Stromes: 1. zwischen Amur und Seja oberhalb von Blagowjäschtschensk; 2. an den Zuflüssen des Giljui und der Brjanta; 3. an der Sselenga; 4. am Oberlauf des Imanaflusses. Es werden hier auch gangförmige Vorkommnisse ausgebeutet.

Im **Küstengebiet** finden sich die reichsten Seifen im Flußtale des Amgun, der sich 80 km oberhalb Nikolajewsk in den Amur ergießt. Diese Seifen gehören zu den wissenschaftlich am besten untersuchten Beispielen[1]). Nach E. Maier entstammt das dortige Gold teils Quarzgängen und Quarzlinsen innerhalb von Phylliten, teils einem ursprünglichen Gehalt der Phyllite selbst, nur untergeordnet auch granitischen Gesteinen. Am reichsten unter den Zuflüssen des Amgun haben sich Semi und Sulatkitkan erwiesen. Das ganze Gebiet lieferte offiziell von 1891—1904 etwa 23000 kg Gold. Die Gehalte schwankten in früheren Jahren zwischen 2,6 g und 12,7 g Au p. t verwaschener Massen, später, als auch ärmere Teile maschinell abgebaut wurden, hielten die unteren Lagen nur noch 1,9—2,6 g p. t. Der Feingehalt wird zu 910—952 angegeben, und ist in den einzelnen Seifen ziemlich konstant. Begleitmineralien sind Schwefelkies, Magnetit, Eisenglanz, Brauneisenerz als Überzug auf Gold, Antimonglanz und selten Granat. Manche Partien der Seifen gehören dem ewig gefrorenen Boden an.

Außer den fluviatilen Seifen dieser Landschaften sind noch die marinen Goldsande auf der Insel Askold bei Wladiwostock zu erwähnen, die ebenfalls gewonnen, und zwar zum Teil vom Meeresgrunde heraufgeholt werden.

---

[1]) E. Maier. *Die Goldseifen des Amgun-Gebietes.* Z. f. pr. G., 1906, S. 101—129, Fig. 10—20. Mit Angaben auch russisch. Lit.

Die Goldgewinnung in Sibirien datiert erst aus dem 19. Jahrhundert. 1831 begann der Goldbergbau im Altai, 1832 im Kreise Nertschinsk, 1836 an der Brijussa im Jenisseigebiet, 1849 an der Lena, 1866 im Küstengebiet, 1868 im eigentlichen Amurbecken.

Nach M. W. Gribassowy erzeugten im Jahre 1893 Westsibirien 2915,64 kg, Ostsibirien 29827,98 kg Gold, im gleichen Jahre das gesamte Rußland 44733,78 kg.

5. Goldseifen in Indien.

Ein zweites Ländergebiet innerhalb Asiens mit Goldseifen ist Indien nebst den Himalayastaaten. Nach den übersichtlichen Zusammenstellungen von Phillips-Louis[1]) liegen in Vorder-Indien die Seifengebiete sämtlich innerhalb metamorpher Schieferzonen, in Ladak dagegen beziehen die Flüsse das edle Metall aus Quarzgängen, die karbonische Schichten durchsetzen, in Kandahar sind kretazeische Gesteine sein Ursitz, längs des Himalaya endlich von Afghanistan bis zu den Grenzen von Assam und Birma, sowie auch in der Saltrange, stammt das Alluvialgold aus tertiären Sedimenten, in die hinein es wiederum aus zerstörtem, metamorphem Schiefergebirge gelangt ist.

Von wichtigeren Vorkommnissen seien angeführt diejenigen im Wynaad, einem Bergland zwischen der Küste von Malabar und dem Neilgeri-Hochland in Süd-Indien. Hier stammt das Alluvialgold aus pyritischen Quarzgängen, die Granit, Gneis und verschiedenartige kristalline Schiefer durchsetzen und ebenfalls in Abbau genommen worden waren.

Ferner hatten früher Bedeutung die Goldseifen in der Provinz Mysore, die jetzt aber gleichfalls verlassen zu sein scheinen. Nur der Gangbergbau ist hier noch in Blüte, besonders in dem Kolar-Goldfeld östlich von Bangalore, wo ebenfalls pyritische Goldquarzgänge innerhalb von Gneis und Hornblendegneis aufsetzen. Die Produktion betrug 1907 dort 535085 ozs.

Gold wird auch gewaschen im südlichen Teile der Provinz Chota Nagpur, wo die Rhizoden in der „Darutar Serie" genannten kristallinen Schieferformation sich befinden.

Die totale Goldproduktion von Britisch Indien im Jahre 1907 belief sich auf 556488 ozs.

Auch der Irawaddi und manche seiner Nebenflüsse in Britisch Birma haben Gold geliefert. Im oberen Irawaddi wird neuerdings durch Baggerbetrieb Gold gewonnen.

---

[1]) J. A. Phillips and H. Louis. *A Treatise on Ore Deposits.* London 1896, p. 560—576. Mit vielen Literaturangaben.

6. Goldseifen in Holländisch-Indien.

Im Bereiche des holländischen Kolonialreiches ist namentlich Borneo und hier wieder besonders das westliche Borneo reich an Goldseifen, die seit undenklichen Zeiten von den eingeborenen Dayaks und Malayen, sowie den eingewanderten Chinesen mit großem Erfolge ausgebeutet worden sind. Th. von Posewitz[1]) berichtet von den Goldschätzen im Besitz der Sultansfamilien und erwähnt, daß im Sambas Gebiet Klumpen bis zum Gewicht von 800 g gefunden worden sind. Außer im Nordwesten, dem ehemaligen Reiche Sambas am gleichnamigen Flusse, liegen die Goldseifen weiter im Süden, im Gebiete des Kapuas Flusses und noch südlicher in den Provinzen Simpang, Sukadana, Matan und Kandanangan.

Vielfach sind auch die primären Goldlagerstätten aufgeschlossen worden. Sie bestehen z. B. in Sambas aus Goldquarzgängen, die paläozoische Schiefer in der Nähe von Granitdurchbrüchen und dort, wo viele Diabase vorkommen, durchsetzen. Wir erwähnen die Goldquarzgänge von Ban Pin San, Sepingan, Teberan, Salinse und Seminis, worüber Reporte von E. Pinckvoss und J. Bosscha vorliegen.

7. Die Goldseifen von Tangkogae in Korea[2]).

Besondere Erwähnung wegen des dortigen Vorkommens von gediegen Blei verdienen die seit langer Zeit schon von den Koreanern und neuerdings von europäischen Unternehmern ausgebeuteten Goldseifen im Talkessel von Tangkogae, 160 km im NNO. von Söul, Korea, und mehreren dort einmündenden Seitentälern. Sie bestehen nach L. Bauer aus wirr gelagerten, bis 20 m mächtigen Schottermassen mit eingestreuten großen Gesteinsblöcken und Schmitzen eines mergeligen Sandes. Das Gold ist sehr unregelmäßig verteilt. Die reichen Partien enthielten im Jahre 1903 noch ungefähr 0,5 g pr. cbm, der Durchschnitt betrug nur 0,2 g. Das Gold bildet Schüppchen, Scheibchen und gerundete Körner, sowie Klümpchen bis 16 g im Gewicht. Es ist von großer Reinheit, 920 : 1000. Viele Stücke tragen einen bräunlichen bis schwärzlichen Überzug von Eisenmanganverbindungen, der die Amalga-

---

[1]) Th. von Posewitz. *Borneo.* Entdeckungsreisen und Untersuchungen. Gegenwärtiger Stand der Geol. Kenntn. der Verbreit. nutzbarer Mineralien. Berlin 1889. Mit Lit.

[2]) L. Bauer. *Das Goldvork. von Tangkogae in Korea.* Z. f. pr. Geol., 1905, S. 69—71 und briefl. Mitt., die wir nebst zahlreichen Belegstücken demselben Autor verdanken.

mation verhindert. Außer dem Gold führen, wie erwähnt, die Seifen gerundete Körnchen, Klümpchen und wie getropft aussehende Stückchen von gediegen Blei, das sich zuweilen in inniger Verwachsung mit dem Gold befindet. Beide Metalle lassen dann mitunter auf ihrer Oberfläche isolierte Stellen des anderen erkennen, die wie Einschlüsse erscheinen. Manche der Bleiklümpchen tragen einen dünnen Überzug von Mennige. Auch ist Bleiglanz als seltener Bestandteil dieser Seifen zu erwähnen, sowie Eisenglanz, Brauneisenerz, Pyrit und Rutil.

Das Vorkommen von Blei ist noch sehr rätselhaft. Die Frage, ob nicht das Blei ein vorgeschichtliches Hüttenprodukt ist, das durch Druck und Stoß bei dem Bewältigen der Schotter teilweise mit dem Gold verschweißt wurde, ist nicht ganz von der Hand zu weisen. Die Bleiklümpchen können auch aus Schlacke ausgewittert sein, wie man solche Bleikörnchen am Strand bei Laurion als Reste zersetzter Ekvoladen (siehe II. S. 249) kennt.

Die meisten Bleifunde wurden an einer Stelle gemacht, wo der Schotter 17 m tief lag und die obersten 5 m abgefahren und nicht mit verwaschen wurden. Das Blei enthält sehr wechselnde Mengen von Antimon.

Als primäre Goldlagerstätten für die Seifen von Tangkogae kommen in erster Linie die verquarzten und vererzten Salbänder eines Porphyritganges in Frage, der in dem aus Schiefer, Quarzit und Kalkstein bestehenden Grundgebirge aufsetzt. Diese Erzbänder enthielten bis 58 g Gold p. t. Außerdem sind im Kalkstein von Tangkogae Nester von silber- und antimonhaltigen Bleierzen bekannt.

Außer diesen Talseifen kennt man dort goldhaltige, hochgelegene Schotter aus älterer Zeit. Auch in anderen Teilen des Landes befinden sich Goldseifen. Das meiste ausgeführte Gold, dessen Wert 1903 im ganzen über 11 Millionen M. betrug, stammt aus solchen.

8. Australische Goldseifen.

Wohl in sämtlichen australischen Kolonien sind Goldseifen bekannt, die zum Teil reiche Erträge geliefert haben oder noch liefern.

Viktoria besitzt außer alluvialen Seifenlagern solche von miozänem, pliozänem und quartärem Alter, die zum Teil unter Basaltströmen begraben liegen, ähnlich wie in Kalifornien. Von allen diesen haben die ihrer Mächtigkeit nach an sich unbedeutenden alluvialen Seifen, so die in den Goldfeldern von Ballarat, Beechworth, Sandhurst, Maryborough, Castlemain, Ararat und Gippland, in der ersten Zeit nach

ihrem Fündigwerden einen erstaunlichen Reichtum gezeigt und auch viele größere Goldklumpen geliefert[1]).

Von den tertiären Goldseifen dieser Kolonie sind die bedeutendsten die im Ballaratgebiet, denen man pliozänes Alter zuschreibt. An manchen Punkten mußte man hier erst vier mächtige, durch tonige Zwischenschichten voneinander getrennte Basaltdecken mit Schächten durchsinken, ehe man die auf dem Grundgebirge ruhenden goldführenden Schichten erreichte. Die mit den goldführenden Sanden wechsellagernden Tone umschließen nicht selten gut erhaltene Baumstämme und Blattabdrücke, ja ganze Schmitzen lignitischer Braunkohle. In seltenen Fällen haben die Grubenaufschlüsse auch die Basaltgänge,

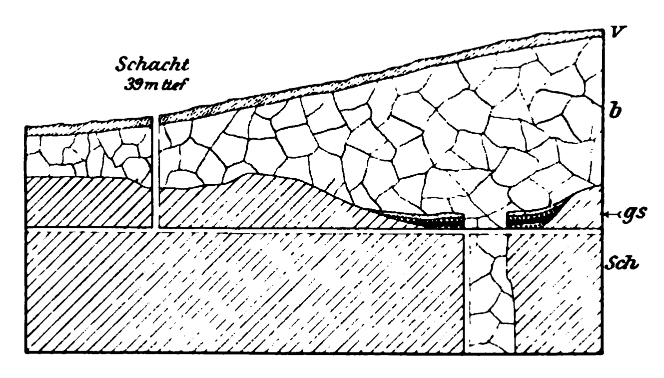


Fig. 318.

Profil durch den Wombat-Hügel bei Daylesford nach H. Louis.

sch Schiefer, *gs* Gold führende Sande und Grande, *b* Basalt, *v* Verwitterungsschutt.

die mit den Strömen und Decken in Verbindung stehen, die „Stiele" der letzteren kennen gelehrt, wie zum Beispiel aus dem in Fig. 318 reproduzierten Profile der Grube am Wombat Hill nach R. Brough Smyth hervorgeht.

Sowohl in den alluvialen, wie in den tertiären Seifen Victorias sind neben den lockeren Sanden, Granden, sowie den Tonen auch brekzienartige oder konglomeratische Bänke bekannt, sog. Zemente, die gewöhnlich direkt dem Grundgebirge aufgelagert sind und in ihrem eisenschüssigen Bindemittel Blättchen, Körnchen und größere Klümpchen von Gold in sehr unregelmäßiger Verteilung enthalten.

---

[1]) R. Brough Smyth. *Gold-fields and mineral Districts of Victoria.* Melbourne 1869. — Phillips-Louis. *Ore Deposits.* 1896, p. 619. Den Angaben dieses Werkes folgen wir im wesentlichen in dieser Übersicht.

Bemerkenswert ist endlich auch, daß manche Goldseifen Victorias zugleich Zinnstein führen.

Im Jahre 1894, als die Tätigkeit in den Goldseifen der Kolonie noch eine sehr rege war, betrug die Gesamtausbeute an Gold in denselben 7908,9 kg. Seitdem sind die Erträge aus dem Seifenbetrieb zurückgegangen. Der mittlere Goldgehalt der bauwürdigen Seifenlagen (des „wash-dirt") betrug 1894 etwa 2 g p. t, der der sog. Zemente etwa 6 g p. t, früher, unmittelbar nach dem Fündigwerden der Goldfelder, war er viel höher.

Unter ganz ähnlichen geologischen Verhältnissen finden sich auch die Goldseifen in New South Wales, das im Jahre 1894 an 2215 kg Seifengold erzeugt hat, und in Queensland, das in demselben Jahre 806,6 kg desgleichen produzierte. Auch Süd-Australien und, wie sich in dem letzten Jahrzehnt gezeigt hat, West-Australien besitzt Goldseifen.

Das trockene Tafelland **West-Australiens** birgt eine ganz besondere Art von eluvialen Goldseifen in sich, die eine etwas eingehendere Besprechung verdienen.

Wie uns zuerst aus einer reichen, von A. Gmehling nebst einer eingehenden Beschreibung übersandten Kollektion bekannt wurde, werden in West-Australien bei Kanowna und im 25 Miles-Distrikt die älteren Gesteine in der Nähe der Ausstriche von Golderzgängen von kaolinreichen, oft eisenschüssigen Sandsteinen und Agglomeraten, sog. Zementen, bedeckt, die auf Gold abgebaut werden.

Die Quarzkörnchen dieser uns übersandten Sandsteine erwiesen sich unter dem Mikroskope als auffällig scharfkantige Splitter, sodaß wir in einem Briefe an A. Gmehling vom Jahre 1898 und seitdem in unseren Vorlesungen die Vermutung aussprachen, die Zemente möchten als äolische Bildungen und unter dem Einfluß des Wüstencharakters jener Gegenden, der mit seinen starken Temperaturgegensätzen zwischen Tag und Nacht das Zerspringen und Absplittern des Gesteins befördert, während der Verwitterung der älteren Gänge entstanden sein. Diese Vermutung ist zu unserer Freude durch T. A. Rickard[1]) auf Grund sehr eingehender Untersuchungen an Ort und Stelle vollständig bestätigt worden.

Dieser Forscher untersuchte die Zementablagerung von Kintore und eine zweite bei Kanowna, die er beide für Ansammlungen von Verwitterungsschutt hält, zustande gekommen unter dem sehr wesentlichen Anteil der großen Temperaturdifferenzen zwischen Tag und Nacht, und der starken Winde in diesem trockenen, äußerst regenarmen Lande. Für die Kintore-Zemente waren die Goldspender die dicht an dem einen Ende der Ablagerung vorüberstreichenden Sugar Loaf-Goldquarz-

[1]) T. A. Rickard. *The Alluvial Deposits of Western Australia.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., 28. Bd., 1899, S. 480.

gänge, für die Kanowna-Zemente der in unmittelbarer Nachbarschaft ausstreichende White Feather-Golderzgang. Bei Kintore sieht man nach Rickard über der mit kleinen Einbuchtungen versehenen Oberfläche des hier anstehenden Granites zunächst die goldführenden sandigen Zemente (0,75—1,5 m), darüber taube Sandsteine (— 0,6 m) und endlich ein Lager von Kaolin (— 0,3 m mächtig), zuoberst mit Gesteinsfragmenten, folgen. Ein paar schmale Tonbänder sind den sandigen Massen zwischengeschaltet. Bei Kanowna dagegen bildet ein stark zersetzter Diorit das Grundgebirge. Dieses überlagern in einer flachen Einsenkung zuunterst eine dünne tonige Lage, darüber die sandigen, Gold führenden Zemente (— 1,5 m mächtig), hierauf ein toniger Detritus aus Fragmenten von Eisenstein und Quarz, dessen Mächtigkeit stellenweise bis auf 7,5 m anwuchs. Nahe am Rande der Ablagerung lagen auch größere und noch mehr eckige Stücken von Gangquarz, als die im Zement eingestreuten es sind, umher. Der Goldgehalt der ganzen aufgelagerten Schichten in ihrer Gesamtheit betrug etwa 31 g p. t. Es wurden indessen nur die reicheren Lagen abgebaut.

Auch die Insel Tasmanien erzeugte bis vor kurzem Waschgold, im Jahre 1894 noch 175,2 kg.

Auf **Neusseeland** kennt man hochgelegene, tertiäre und rezente fluviatile, sowie marine Goldseifen. Die hochgelegenen Seifenlager bestehen zum Teil aus lockeren Granden und Sanden, sodaß sie durch das hydraulische Verfahren gewonnen werden können, zum Teil sind sie fest zementiert, wie im Otago-Goldfeld bei Blue Spur. Die rezenten, fluviatilen Seifen liegen fast sämtlich auf der Mittel-Insel. Die Gold führenden Meeressande werden nur wenig ausgebeutet. Sie regenerieren sich fortwährend durch die aufbereitende Tätigkeit der Meereswogen.

Eine kurze Charakteristik dieser Gebilde hat kürzlich S. H. Cox[1]) gegeben:

Auf über 75 km Entfernung begleiten Goldseifen die Westküste Neuseelands, aber nicht in dieser ganzen Erstreckung sind sie bauwürdig. Die Eigentümer der einzelnen der Küste parallel verlaufenden goldhaltigen Sandstreifen pflegen, nachdem sie dieselben völlig durchgearbeitet haben, eine Zeitlang sich nur ihren Farmen zu widmen, bis die Natur den nahen Goldgrund wieder von neuem angereichert hat. Diese Anreicherung erfolgt nicht durch die gewöhnliche Brandung, sondern durch von Süd nach Nord laufende Meeresströme, wenn diese durch Südweststürme eine kräftige Verstärkung erhalten. Infolge der fortschreitenden Hebung des Landes sind ein Teil der ausgebeuteten Meeresseifen außerhalb des Flutbereiches geraten und damit natürlich für immer wertlos geworden. An ihrer Stelle haben sich aber in tieferem Niveau am gleichen Platze der Küstenlinie neue Streifen der goldhaltigen schwarzen Sande angesetzt.

Wo sich das Gold findet, fehlen Gerölle in den Sanden, und der größte Teil des Sandes ist von Eisenerzkörnchen schwärzlich gefärbt.

S. H. Cox ist der Meinung, daß diese Goldsande nicht durch eine direkte Einwirkung der Meeresbrandung auf goldhaltige Lagerstätten der Küste entstanden sind,

[1]) Discussion on „*The Origin of the gold in the Rand Banket*". The Instit. of Min. and Met. London. Oct. 17th 1907.

sondern vielmehr durch Aufarbeitung der 90—150 m mächtigen goldführenden Flußseifen längs der Küste der Südinsel von Neuseeland. Die dortigen, zum Teil von Moränen bedeckten Geröllmassen werden von rezenten Flüssen durchschnitten, welche das feinere Material, darunter auch den goldhaltigen Sand, in das Meer hinaus schwemmen und dort zur weiteren Verteilung den Meeresströmungen übergeben.

9. Afrikanische Goldseifen.

Die in dem Gebiete der afrikanischen Goldküste hier und da von den Eingeborenen ausgebeuteten Goldseifen haben keine große Bedeutung gegenüber den primären Lagerstätten dieses Landes (siehe II. S. 200).

Wichtiger sind die Goldseifen im Lydenburg-Distrikt von Transvaal, besonders am Pilgrims Creek und im Blyde-Tal, die bereits 1873 in Angriff genommen worden waren. Ein Beispiel einer eluvialen Goldseife bietet das Vorkommnis im Duivels Kantoor, im Kaap-Goldfeld derselben Kolonie, wo sich in einem aus noch eckigen Fragmenten von Quarz und verschiedenen Gesteinen bestehenden Verwitterungsschutt in Brauneisen umgewandelte Pyritkristalle und kristalline Goldpartikel finden. Diese Lagerstätte produzierte im Jahre 1894 gegen 18,6 kg Gold. Ein 1,6 kg wiegender Goldklumpen von dort war 1900 in Paris ausgestellt.

10. Europäische Goldseifen.

Alle die zahlreichen Goldseifen innerhalb Europas sind jetzt entweder total ausgebeutet oder liefern nur so äußerst geringe Erträge, daß sie nicht die geringste wirtschaftliche Bedeutung mehr besitzen, wenn sie auch vielfach wissenschaftliches Interesse beanspruchen dürfen.

Bekannt sind namentlich die noch in den 40er Jahren des Jahrhunderts von einigen Goldwäschern bearbeiteten, goldhaltigen alluvialen Ablagerungen des Rheinstromes zwischen Rheinau bei Rastatt und Daxlanden bei Karlsruhe. Das Gold fand sich in gewissen Sandbänken konzentriert, die man „Goldgründe" nannte, gewöhnlich am Kopf der Bänke zwischen den gröberen Geschieben. Es kommen 0,015—1,01 g auf den cbm. Nach A. Daubrée[1]) enthalten auch die älteren Terrassen bis 12 km abseits vom Strom Gold. Bereits 667 hat Herzog Ethicon von Elsaß einem Kloster das Recht verliehen, Gold im Rheine zu waschen. Bis 1874 lassen sich die Erträge in Baden aktenmäßig nachweisen. Sie beliefen sich z. B. von 1840—1849 auf 67,22 kg. In der

[1]) A. Daubrée. *Sur la distribution de l'or dans la plaine du Rhin.* Ann. des Mines. 1846, 4e. t. X, p. 1 und *Description géol. et minéral. du dép. du Bas-Rhin.* 1852, p. 319 f. — B. Neumann. *Die Goldwäscherei am Rhein.* Zeitschr. f. B.-, H.- u. S. W. im preuß. St. 51. Bd., 1903, S. 377—420.

Pfalz wurden 1825—1862 insgesamt 49 kg gewonnen. Auch Quarzgerölle mit eingesprengtem Gold wurden gelegentlich gefunden. Das Rheingold hält 93,4 % Au, 6,6 % Ag und 0,069 % Pb.

Auch im Gebiete des schweizerischen Rheins, sowie auch der Aare und Reuß sind goldhaltige Alluvionen ausgebeutet worden. Nach C. Schmidt (Basel)[1]) führt die Verfolgung der goldhaltigen Flußsande im Aaregebiet zu den beiden Emmen und somit auf das Massiv des Napf als Ursprungsort des Goldes. Im Umkreis des Napf führen Gold die Sande bei Enziwiggern nahe Hergiswil, bei Luthern, in den Tälern der Grünen und der Kurzenei, des Schöni- und Goldbachgrabens bei Langnau u. a. O. Das Gold des Napf und damit wohl der größte Teil des Aare- und Rheingoldes stammt nach diesem Autor aus den exotischen Geröllen der miozänen Nagelfluh. Es bildet hier Blättchen, die in Quarzgeröllen eingeschlossen sind, ist also auf sekundärer Lagerstätte.

Auf die schon den Römern bekannten Goldseifen der Eifel hat ganz neuerdings M. Wemmer[2]) aufmerksam gemacht. Sie ziehen sich in Gestalt von goldführenden, diluvialen Lehmen und Sanden auf 30 km Länge zwischen Büttgenbach und Weismes bei Schoppen und Faymonville bei Deidenberg, von Montenau über Born, Rodt bis Crombach und von Recht über Ligneuville, Thirimont, Bellevaux bis nach Stavelot hin. Im Seifenprofil bemerkt man zunächst auf den paläozoischen Schichtenköpfen eine sehr goldarme, 0,5—1 m mächtige Tonschicht, unmittelbar darüber aber reichere Schichten von 1 bis mehrere m Mächtigkeit. Das Gold, das bis zu Gerstenkorngröße gefunden wurde, wird von Magnetit, Pyrit und Zinnstein begleitet. Als sein Muttergestein gilt eine auf ca. 50 km Länge bekannte Konglomerat- und Quarzitzone auf der Grenze des Kambriums und Unterdevons.

Über die alten Goldseifen Böhmens und Sachsens, sowie einiger angrenzenden Länder wolle man die ausführliche Monographie F. Pošepnys[3]) nachlesen.

Besondere Bedeutung scheinen namentlich bis in den Anfang des 17. Jahrh. hinein die Wäschereien an der Otava bei Písek gehabt zu

---

[1]) C. Schmidt im Handwörterbuch der Schweizer Volkswirtschaft usw. III. Bd., Bern 1907, S. 117 mit Lit.

[2]) M. Wemmer. *Die Erzlagerstätten der Eifel nebst Erzlagerstättentafel.* Iserlohn 1909. Dieses Werk wolle man auch für die Blei- und Antimonlagerstätten der Eifel zu Rate ziehen.

[3]) F. Pošepny. *Die Goldvorkommen Böhmens und der Nachbarländer.* Archiv f. prakt. Geol., II. Bd., 1895, S. 1—499.

haben. Neuere Versuche von Krejči[1]) lieferten zwar wissenschaftlich interessante Funde, ergaben aber einen Gehalt an Gold des rohen Flußsandes von nur 5 mg—0,5 g p. t. Die Konzentrate enthielten neben spärlichen Goldblättchen viel Rutil, Magnet- und Titaneisenerz, ferner in geringerer Menge Granat, Monazit, Zirkon, sehr selten Rubin, Xenotim, Cyanit, Spinelle, Anatas, Turmalin und Titanit.

Neuere Untersuchungen über Goldseifen von Marburg an der Drau hat F. Cornu durchgeführt[2]).

Für Sachsen kommen hauptsächlich die Alluvialmassen der Göltzsch im Vogtlande in Frage, die noch in neuerer Zeit Waschversuche veranlaßt haben. Die Sammlungen der Freiberger Bergakademie besitzen Seifengold aus diesem Flusse.

Auch in Oberitalien, in den Tälern der Dora Baltea, Sesia, Soanna und anderer alpiner Flüsse hat man ehedem Gold gewaschen, in Spanien am Rio-Sil und Rio-Duerna in Galicien, sowie in der Ebene von Granada, in Frankreich bei Bonnac im Centralplateau u. a. O.

Die Theorien zur Erklärung der Verteilung des Goldes in den Seifen und der Bildung der großen Goldklumpen.

Die in so vielen Gebieten zu beobachtende Tatsache, daß der Goldgehalt der Kiese, Sande und Tone sich ganz besonders in den unmittelbar dem Grundgebirge aufruhenden untersten Lagen dieser Gesteine konzentriert hat, ja auf zarten Rissen und Spältchen noch in die Schichtenköpfe des Felsuntergrundes eingedrungen ist, sodaß die obersten, mürben Partien desselben z. B. im Ural noch auf Gold verarbeitet werden, ist in verschiedener Weise gedeutet worden.

Wenn man zunächst einmal absieht von dem gelegentlichen Vorkommen größerer Klumpen, auf die wir noch zurückkommen, so würde eine solche Konzentration zunächst nur des fein verteilten Goldes an der Basis der Seifen schon bei deren Ablagerung durch die Flüsse sehr schwer erklärbar sein. Eine natürliche Aufbereitung, ein Setzprozeß im Großen, kann, wie F. Pošepny[3]) mit Recht gezeigt hat, schon deshalb nicht angenommen werden, weil das Material der Seifen gewöhnlich

[1]) Referiert nach Bullet. Intern. böhm. Akad. Prag 1904 in Z. f. pr. G. 1905, S. 352.

[2]) F. Cornu. *Untersuchung eines goldführenden Sandes von Marburg an der Drau.* Österr. Zeitschr. für B. u. H., 55. Jahrg., Nr. 32, 1907.

[3]) F. Pošepny. *Zur Genesis der Metallseifen.* Österr. Zeitschr. f. B. u. Hüttenw., 35. Bd., 1887, S. 325. — Derselbe. *Über die Genesis der Erzlagerstätten.* 1894, S. 207 usw.

keine Sortierung und Klassifizierung aufweist, sondern in seiner ganzen Mächtigkeit aus Bestandteilen von sehr oft wechselnder Größe und Schwere zusammengesetzt sich erweist. Wir wissen ja auch aus anderen geologischen Beobachtungen, daß das eine Seife bildende lockere Haufwerk nicht mit einem Male vom Wasser fortbewegt oder auch nur durcheinander gerührt worden ist, sich vielmehr Schicht für Schicht periodisch abgesetzt hat.

Viel mehr Wahrscheinlichkeit besitzt die auf S. 430 auseinandergesetzte Erklärung F. Pošepnys.

Ist nach dieser die Konzentration des fein verteilten Seifengoldes auf der Oberfläche des Grundgebirges oder einer vom Wasser undurchdringbaren Zwischenschicht bis zu einem gewissen Grade als ein rein mechanischer Vorgang nach der eigentlichen Ablagerung verständlich, so bereitet das gelegentliche Vorkommen großer Goldklumpen, wie man sie scheinbar auf Gängen gar nicht (oder nur höchst selten) vorfindet, einer Erklärung weitere Schwierigkeiten. Es sei hier zunächst auf ein paar besonders große Klumpen dieser Art, die man in der Literatur kennt, hingewiesen. Der größte Goldklumpen des Urals wurde 1842 in der Zarewo Alexandrowsk-Seife bei Miask unmittelbar auf dem dioritischen Grundgestein gefunden und wog 36 kg. Er war angeblich von hartem Ton umgeben. Der größte australische „Nugget", gefunden bei Dunolly in der Kolonie Viktoria und „Welcome Stranger" genannt, war fast ganz frei von Unreinheiten und wog 70,9 kg. Der zweitgrößte, „Welcome Nugget", zu Ballarat gefunden und zwar in einer Tiefe von 54 m, im Jahre 1858, kam auf 67,3 kg Goldgehalt zu stehen. Er war anscheinend vom Wasser abgerieben und mit Quarz und Eisenoxyd zusammengewachsen.

Zunächst würde man auch hierbei an einen rein mechanischen Transport des Goldes von dem Ausgehenden eines der Denudation verfallenden Golderzganges oder einer schichtigen älteren Golderzlagerstätte her zu denken haben. Steht doch das freilich immer sehr seltene Auftreten großer Goldklumpen auf manchen Gängen fest. So kennt man aus einem Quarzgang der kalifornischen Grube Monumental Mine in der Sierra Buttes nach Newberry einen Klumpen von 40 kg Gewicht. Auch sprechen gelegentlich in Seifen gefundene Klumpen, die noch mit Gangquarz verwachsen waren, dafür, daß solche große Massen aus Gängen in die Seifen rein mechanisch transportiert werden können. Dies beweist u. a. der 1851 im Meroo Creek in Viktoria von einem Eingeborenen entdeckte 40 kg schwere Klumpen, der nach Liversidge[1])

[1]) Liversidge. *The Minerals of N. S. Wales.* II. Ed. p. 67.

noch mit Gangquarz verwachsen war. Er lag auf der Erdoberfläche, wie denn überhaupt die Goldklumpen in allen möglichen Niveaus vorzukommen scheinen, keineswegs auf die Auflagerungsfläche beschränkt sind. Die scheinbar weit größere Seltenheit der großen Klumpen auf Gängen, als in den Seifen, erklärt sich zum Teil daraus, daß einer einigermaßen mächtigen Seife ein viel größerer Gangabschnitt, der in Jahrtausenden zerstört worden ist, entspricht, als ihn der kurzlebige Mensch während der bergmännischen Ausbeutung eines Vorkommnisses kennen zu lernen jemals imstande ist.

Schwerwiegende Bedenken aber gegen eine rein mechanische Zufuhr verursacht ein Vergleich der Beschaffenheit der auf Gängen und der in Seifen gefundenen Goldklumpen. Erstere stellen durchaus kristalline, gewöhnlich stark mit Quarz durchwachsene Aggregate mit vielen vorspringenden Zacken oder blechartigen Anhängen dar, und ihre Masse ist ein chemisch ziemlich unreines, stark mit Silber legiertes Gold. Beim Transport in Wasser, in der Strömung eines Baches oder Flusses, zugleich mit massenhaften stoßenden und scheuernden Geröllen und Sandkörnchen, sollte man meinen, müßten diese Vorsprünge abgerieben werden, und die Stücke schließlich eine gerundete Form und geglättete Oberfläche erhalten. Auch müßte viel häufiger, als es beim Seifengold der Fall ist, Quarz im Zusammenhang mit dem Gold geblieben sein. Es finden sich nun zwar hier und dort solchen Voraussetzungen entsprechende Klumpen in den Seifen vor, wie uns z. B. solche geröllähnliche Gebilde aus Westaustralien zu Gesicht gekommen sind, und wie sie u. a. T. Egleston[1]) aus Venezuela beschrieben hat. Die westaustralischen Nuggets, die uns von Herrn Gmehling zur Untersuchung gegeben wurden, zeigten an der Peripherie an allen Vorsprüngen und Kanten eine deutliche Abrundung, während in den einspringenden Winkeln noch Spuren der zackigen Struktur des Berggoldes sich erhalten hatten. Auch der 24,73 kg schwere Kum Tow Gold Nugget, der 1871 im Rheola Goldfeld des nordwestlichen Viktoria gefunden wurde, ist stark abgerundet, selbst innerhalb der Hohlräume, die ihn teilweise völlig durchbohren[2]). Manchmal ist zwar aller Quarz abgestoßen worden, wohl aber haben sich noch die Hohlformen seiner Kristalle erhalten, wie es E. Maier an ostsibirischen Beispielen zeigt.

---

[1]) T. Egleston. *The formation of gold nuggets and placer deposits.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., Vol. IX, 1881, p. 633.

[2]) Man vergleiche die Photographie bei J. W. Gregory. *Cantor Lectures on Gold Mining etc.* 28. Jan. 1907, London. p. 6.

Viele der in den Seifen angetroffenen Stücke weichen jedoch in folgenden Merkmalen vom Berggold ab:

1. Sie haben eine mit Warzen oder zitzenartigen Auswüchsen bedeckte, sehr unregelmäßige Oberfläche, die gar nicht mit der Geröllnatur zu harmonieren scheint, sondern eher an eine konkretionäre Entstehung denken läßt.
2. Sie sind nur selten mit Quarz verwachsen, was namentlich bei den ganz großen Exemplaren ganz unerklärlich erscheint, wenn man sie als mechanisch transportiertes Berggold auffassen will.
3. Ihr Feingehalt ist in manchen Fällen ein höherer, als beim Berggold und als beim feiner verteilten Seifengold. So enthält nach Pošepny das uralische Seifengold 91—99 % Au, das Berggold nur 86,6 %.

Zu Punkt 3 ist allerdings zu bemerken, daß noch eine viel zu geringe Anzahl von Untersuchungen vorliegt, und daß manche geradezu das Gegenteil erweisen. Mehrere Seifen des ostsibirischen Amgun-Gebietes enthalten nach den Untersuchungen E. Maiers (vgl. II. S. 468) in ihrem Oberlauf Gold von größerer Feinheit als in ihrem Unterlauf. Zugleich nahm der Feingehalt mit der Korngröße einzeln untersuchter Klümpchen und Stäubchen ab. Hier ist also keineswegs innerhalb der Seifen die Wirkung von Agentien zu spüren, die das Ag stärker lösten, als das Au. Bei solchen Vergleichen darf man übrigens nicht zu viel auf die im großen bei Goldwerksbetrieben ermittelten Feingehalte geben. Das von Gängen gewonnene Gold kann einmal zu leicht mit Spuren anderer, auf solchen Gängen mit vorkommender Metalle verunreinigt sein, dann kann auch seine Zusammensetzung in verschiedenen Gangabschnitten sich verschieden verhalten.

Sehr für eine Reinigung von beigemengtem Silber spricht die von R. G. Mc Connel berichtete Untersuchung von 5 Nuggets aus dem Klondike Gebiet durch Connor. Sie zeigten mit Ausnahme von einem nahe ihrer Oberfläche eine größere Feinheit als im Zentrum. Der vermutlich durch Auslaugung entstandene Silberverlust der Außenregion belief sich auf 5—7 %.

Diese Wahrnehmungen veranlaßten schon F. A. Genth, O. Lieber, A. R. C. Selwyn, M. Laur und später T. Egleston, C. Newberry, Daintree u. A. zu der Hypothese, daß das Gold der Seifen zum Teil, ja zum größten Teil, und ganz besonders das Gold der großen Klumpen, sich aus Lösungen abgeschieden habe, die in den Kies- und Sandschichten zirkuliert hätten. Man dachte hierbei entweder daran, daß

ursprünglich mechanisch zugeführtes und in den Seifen gleichmäßig verteiltes Gold in Form feinster Stäubchen in Lösung gebracht und wieder innerhalb bestimmter Lagen oder um bestimmte Zentra herum ausgeschieden sei, oder daß bereits bei der Zersetzung der Gangausstriche gebildete goldhaltige Lösungen dem Grundwasserstrom zugeführt worden seien.

Als viertes, allerdings nicht sehr starkes Argument hat man die schwer zu kontrollierende Beobachtung angeführt, daß der absolute Goldreichtum abgebauter Seifen nach längeren Zeiten wieder wachse.

Dafür nun, daß wirklich Goldlösungen in den Seifen zirkulieren, sind allerdings Beweise erbracht worden. Sie bestehen in dem Vorhandensein notorisch neu gebildeter, goldhaltiger Pyrite in den Seifenschichten. So fand H. A. Thompson im Goldfelde von Ballarat Krusten von goldhaltigem Pyrit um Wurzeln und Zweige von Pflanzenresten. Kristallisierte Eisenkiese auf einem Holzstückchen in einer Seife und zwar unmittelbar unter einer aufruhenden Basaltdecke von Ballarat ergaben 0,12 % Gold. Besonders überzeugend war der Goldgehalt von Eisenkies mitten aus dem Innern eines in einer dortigen Seife gefundenen alten Holzstammes. Er belief sich auf 46,1 g p. t[1]).

Auch Baumwurzeln im Hut von Golderzgängen sind zuweilen mit etwas Gold besetzt, wie die 1900 zu Paris ausgestellten Belegstücke vom Great Boulder Main Reef in West-Australien zeigten.

Sieht man ferner kleine Quarzgeschiebe durch Gold verkittet, wie ein von R. Brauns[2]) erwähntes Belegstück zu Karlsruhe zeigt, so ist dies ebenfalls ein starkes Argument für die gelegentliche Ausscheidung des Metalls aus einer Lösung.

Sehr wichtige Beweise dafür, daß bereits im Ausgehenden der primären Lagerstätten Gold in Lösung geht und in diesem Zustand durch die Seifenablagerungen geführt werden kann, hat für die Goldfelder von Omai in Britisch Guyana E. E. Lungwitz[3]) beigebracht. Er konnte nämlich in der Asche von Bäumen, die auf dem Goldfelde gewachsen waren, einen geringen Goldgehalt nachweisen und zwar im oberen Teile der Stämme nahe den Ästen und einschließlich von deren Ansätzen wesentlich mehr, als in der unteren Partie. Er schloß daraus, daß die von den Wurzeln dieser Bäume aufgesaugten Wässer

[1]) Zitiert nach Phillips-Louis. *Ore Deposits.* 1896, p. 631.

[2]) R. Brauns. *Chemische Mineralogie.* 1896, S. 406. Anm. 2.

[3]) E. E. Lungwitz. *Über die regionalen Veränderungen der Golderzlagerstätten.* Dissert. Rostock. Leipzig 1899.

Gold gelöst enthalten hätten. Damit im Einklang stände die Beobachtung, daß die dortigen Seifen gegen die sonstige Regel in den oberen Lagen reicher seien, als in den unteren. Es seien nämlich die oberen Lagen, die ja noch nicht so lange Zeit gelegen hätten, noch nicht so stark ausgelaugt, wie die älteren an der Basis der ganzen Seife. Diese Angaben sind von großer Wichtigkeit.

Um Zweifeln zu begegnen, die an der Richtigkeit der Lungwitzschen Untersuchung geäußert worden waren, hat J. B. Harrison einen sehr sorgfältigen Kontrollversuch durchgeführt[1]). Ein Stammstück eines auf dem goldhaltigen Aplit von Omai gewachsenen Baumes (sog. Eisenholzbaumes) wurde sorgfältig gereinigt, seiner Endabschnitte beraubt und in Rindenschicht (18 %) des ganzen Stammes), sowie Innenholzschicht (82 %) zerlegt. Beide Teile wurden in neuen Muffeln und in einem Ofen, der nie zu Goldproben benutzt worden war, getrennt verascht. Die Rinde ergab 4,78 %, das Holz 0,67 % ihres Gewichtes an Asche. Die Rindenasche enthielt 0,06 g p. t, die Holzasche in verschiedenen Proben 0,42—0,60 g p. t Gold. Sonach ist nicht mehr daran zu zweifeln, daß in der Bodenfeuchtigkeit auf den Ausstrichen von Goldlagerstätten Gold in bestimmbarer Menge gelöst vorkommen kann.

Daß übrigens Gold in gelöstem Zustande außerhalb von Gangspalten in der Natur sich findet, ist auch durch seinen Nachweis im Meerwasser bewiesen worden, der zuerst von Sonstadt[2]) erbracht worden ist. Hiernach enthält das Meerwasser 0,06 g Gold p. t. Dies wurde durch die sehr eingehenden Untersuchungen von A. Liversidge[3]) bestätigt. Nach ihm befindet sich im Seewasser an der australischen Küste 130—260 t Gold pro Kubikmeile Ozean, das ist 0,03—0,06 g p. t.

Daß Meerwasser Gold anzugreifen vermag, geht auch aus dem Aussehen der Goldkörnchen in marinen Seifen hervor. Sie zeigen unter dem Mikroskop nach P. Krusch tiefe Poren und Narben infolge von Ätzung (vergl. S. 457).

Experimentell behandelte T. Egleston (a. a. O.) die Löslichkeit des edlen Metalles in verschiedenen Salzlösungen, die in der Natur, wenn auch nur in ganz verdünnter Form, vorkommen können. Er fand z. B. das Gold (Schaumgold) löslich in einer Lösung von salpetersaurem Ammonium mit etwas Chlorammonium vermischt, ferner von schwefligsaurem Natrium und Kalium. Schon früher hatte H. Wurtz die Löslichkeit des Goldes in Eisenchlorid und in schwefelsaurem Eisenoxyd nachgewiesen. Jedenfalls ist die Möglichkeit in der Natur gegeben, daß namentlich während der Zersetzungsvorgänge im Eisernen Hut der

[1]) J. B. Harrison. *Geology of the Goldfields of British Guiana.* London 1908.

[2]) Chemical News. Vol. XXVI. p. 159. — Am. Chemist. Vol. III. p. 206.

[3]) A. Liversidge. *Gold and Silver in Seawater.* Journ. of the Royal Society of N. S. Wales, 1895, Vol. XXIX.

Gänge, wo ja Chlornatrium, freie Schwefelsäure und Braunstein nebeneinander vorkommen können, also gelegentlich sogar eine Entwicklung von Chlor eintreten kann, Gold in Lösung übergeführt wird. Lösungsmittel organischer Natur, wie sie E. E. Lungwitz voraussetzt, erscheinen nicht unbedingt notwendig.

Verhältnismäßig wenig Schwierigkeiten bereitet dagegen die Abscheidung des Goldes aus Lösungen innerhalb der Seifen. Egleston hat durch zahlreiche Experimente nachgewiesen, daß organische Verbindungen, wie sie in den Flußwässern und Grundwässern vorkommen, metallisches Gold aus Lösungen zu reduzieren vermögen. So z. B. veranlaßten in Goldlösungen eingetragene Stückchen von Torf eine Ausscheidung von metallischem Gold. Da sehr häufig die Geröllablagerungen nicht nur, wie in Kalifornien und Australien, Holzreste, sondern auch anderen vegetabilischen Detritus enthalten, da ferner zuweilen die Seifen mit einer Torfdecke überzogen sind, wie im Ural oder in Sibirien, und da endlich die jene Geröllmassen durchströmenden Grundwässer aus im Wachstum begriffenen Torfmooren fortwährend Beimengungen von organischen Säuren erhalten müssen, würde also eine Ausscheidung von Gold innerhalb der Seifen aus jenen Lösungen oder wenigstens ein Zuwachs von Gold rings um schon vorhandene, mechanisch zugeschwemmte Klümpchen im Bereich der Möglichkeit liegen.

Nach H. A. Gordon[1]) gehören zu einer bedeutenderen Präzipitation von Gold in den Alluvionen besondere, günstige, nicht überall vorhandene Bedingungen, namentlich Regenarmut und heißes Klima, wodurch die von der Natur gelieferten Goldlösungen an der Wegschwemmung ins Meer verhindert und zur Konzentration gebracht werden können. Solche Bedingungen herrschen z. B. in Queensland und Westaustralien und auf Neuseeland in dem trockenen Otago. In diesem letzteren Gebiet, besonders im Distrikt Upper Tairi, fand man denn gelegentlich auch beträchtliche Mengen von „wire-gold" (Drahtgold), und zwar immer auf oder nahe unter der Erdoberfläche. Die früheren Prospektoren hielten es für in Gold versteinerte Graswurzeln. Mc Kay sah 1881 davon zu Naseby eine Partie von 1,2 kg. Es bestand aus dünnen, geraden oder gebogenen Drähten. Die eine Seite war glatt oder gestreift, die andere mit kleinen kubischen Goldkristallen bedeckt. Eine Möglichkeit, daß diese Funde von zerstörten Gängen stammen könnten, schien nicht gegeben.

---

[1]) H. A. Gordon. *Hysteromorphous Auriferous Deposits etc. in New Zealand.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., 25. Bd., 1896, p. 292.

Wie die ganze eben behandelte Frage jetzt liegt, dürfte die übrigens auch von F. Pošepny[1]) vertretene Anschauung von E. Cohen[2]), wie sie dieser 1887 nach einer kritischen Besprechung aller damals vorhandenen Arbeiten hierüber ausgesprochen hat, im großen und ganzen noch heute gelten: „daß weitaus der größte Teil des Detritalgoldes durch mechanische Zerstörung älterer Lagerstätten frei geworden und mechanisch zum Absatz gelangt sei, daß andererseits eine Ausscheidung aus Lösungen zweifellos vorkommt, aber nur eine untergeordnete Rolle spielt".

η) Platinseifen.

1. Die Platinseifen im Ural[3]).

Die wichtigsten Platinseifengebiete dieses Gebirges sind der Goroblagodatskische, der Nischne Tagilskische und der Bisserskische Kreis. Die Seifen liegen hauptsächlich im Flußgebiet des Iss, einem Nebenflusse der Tura, im Gebiete der Wyja und des ebenfalls der Tura zuströmenden Tagil. Noch weiter nördlich liegen die Seifen im Gebiete der Sosswa.

Im Tagilgebiete ist besonders die Umgebung des Berges Solowioff platinreich, die Täler des von diesem Gebirgsstock aus nach N. fließenden Tschausch, des nach W. rinnenden Wyssym und des nach S. laufenden Martjan. Der Berg Solowioff besteht aus einem Olivinfels, die mehr östlich angrenzenden Gebirgsteile dagegen aus Gabbro-Diorit und Diorit. Der Olivinfels ist vielfach zu Serpentin umgewandelt und wird von einer Randzone von Pyroxenit umgeben. Dieses letztere Gestein besteht aus Augit nebst untergeordnetem Magnetit und Spinell. Der Olivinfels hat in erster Linie hier und anderwärts im Ural als das Muttergestein des

---

1) F. Pošepny. *Genesis der Erzlagerstätten.* 1894, S. 203.

2) E. Cohen. *Über die Entstehung des Seifengoldes.* Mitteil. des naturw. Vereins f. Neuvorpommern u. Rügen. 1887, XIX.

3) Wichtigste neuere Literatur: Bourdakoff et Hendrikoff. *Description de l'exploitation de platine.* Traduit du russe par G. O. Clerc. Ekatherinbourg 1896. — A. Saytzeff. *Die Platinlagerstätten am Ural.* Mit einer geol. Karte und 12 Zeichnungen. Russ. und deutscher Auszug. Tomsk 1898. — C. W. Purington. *Platinum deposits of the river Tura.* Trans. Am. Inst. Min. Eng., Vol. 27, Febr. 1899, p. 440. — J. F. Kemp. *The Geolog. Relations and Distribution of Platinum and Associated Metals.* U. S. Geol. Surv. Bull. No. 193, 1902, 95 p., VI pl. Mit vollst. Literatur. — Wissotzky. Im Bullet. d. Comité géolog. St. Petersburg 1903, T. 22, p. 533. — L. Duparc. *Les Gisements Platinifères de l'Oural.* Arch. des Sc. phys. et naturelles. IV. pér., t. XV. Genève 1903. pp. 40. Lit. — R. Spring. *Platinwäschereien von Nischnji Tagil.* Z. f. pr. G. 1905, S. 49—54. — Mündliche Mitteilungen des Herrn W. Baron von Fircks.

Platins zu gelten (siehe hierüber I. S. 22). Treten doch die Seifen nur in solchen Flüssen auf, die Olivinfels oder Serpentin durchschnitten haben. Aber auch der Pyroxenit kann Platin führen. Dagegen verdienen die Angaben von Saytzeff über die Beteiligung von Platin an der Zusammensetzung von Porphyriten und von gneisartig gestreckten Syeniten keine Beachtung. Übrigens sind nicht alle Vorkommnisse von Olivingesteinen im Ural Sitz von Platin.

Die Größe der Platinstückchen in den Seifen nimmt talabwärts mehr und mehr ab, wobei sich zugleich ihre Form ändert. In den obersten Regionen finden sich oft eckige und rauhe, häufig mit einem Häutchen von Eisenoxydhydrat überzogene Klümpchen („Platin in der Kappe"). Hier nur hat man gelegentlich auch die größeren Fundstücke angetroffen, die größten bekannten bis zu 10 kg im Gewicht. Erst neuerdings wieder, 1904, wurden im Gebiete des Iss zwei größere Klumpen ganz reinen Platins gefunden, im Gewicht von 5 und von 9 kg. Weiter talabwärts bildet das Platin rundliche oder platte Körnchen mit glatter Oberfläche. Zuweilen findet man Körnchen, die noch mit Chromeisenerz, dem Begleiter des Platins in den Olivingesteinen, zusammengewachsen sind, selten solche mit angewachsenem Diopsid.

Ältere, von R. Spring wiederholte Angaben von G. Rose geben eine Vorstellung vom ursprünglichen Reichtum der Seifen am Solowioff: Es enthielten danach im Jahre 1829 die Seifen an der Rublewka pro t 26—104 g, im Durchschnitt 70 g, jene des Martjan I 78 g, Suchoilog 143 g, Pupkow 129 g, Martjan II 68 g. Außerdem wurden im Zeitraum von vier Jahren ein Klumpen von 3,354 kg, einer von 1,677 kg und sechs von 0,410—1,228 kg aufgefunden.

Die im Jahre 1892 gewaschenen Platinsande enthielten im Durchschnitt 3,3 g Platin pro t. Seitdem ist man zur Verwaschung noch ärmerer Sande geschritten, und die alten Seifenhalden sind zum fünften und sechsten Male verwaschen worden (Spring).

Der Platingehalt der Seifen ist am stärksten nahe der Auflagerungsfläche auf dem Grundgebirge konzentriert, und zwar besonders dort, wo dieses eine rauhe Oberfläche hat. Namentlich günstig ist ein zerfressener Kalkstein als Seifenuntergrund. Er wird durch Sprengarbeit gewonnen und verwaschen. Die reichsten Seifen werden in den Talerweiterungen angetroffen.

Durch Baggerarbeit lassen sich sogar noch Seifen gewinnbringend verarbeiten, die nur $^1/_{10}$—$^1/_{15}$ g Platin p. t Sand enthalten. Das Verhältnis der das Waschen lohnenden Schicht zum tauben Deckgebirge beziffert sich in den Seifen am Iss, an der Wyja und Tura auf 1 : 4.

Die größten Betriebe am Iss verwaschen täglich 800 cbm. Nachdem die reichen Bänder in den oft bis 1,5 km breiten Tälern abgebaut sind, ist man jetzt an die ärmeren Seitenzonen herangegangen (v. Fircks).

Seiner chemischen Zusammensetzung nach ist das in den Seifen gewonnene Platin recht unrein. Es enthält 5—13 % Eisen, außerdem etwas Gold, Iridium, Rhodium, Palladium, Osmium und Kupfer. Wir geben im folgenden nach Deville und Débray[1] (I—III) und nach G. C. Hoffmann[2] (IV) Analysen des uralischen und dreier nordamerikanischer Rohplatine.

	I. Ural:	II. Kalifornien:	III. Oregon:	IV. Brit. Kolumbia:
Platin	76,40	85,50	51,45	72,07
Gold	0,40	0,80	0,85	—
Eisen	11,70	6,75	4,30	8,59
Iridium	4,30	1,05	0,40	1,14
Rhodium	0,30	1,00	0,65	2,57
Palladium	1,40	0,60	0,15	0,19
Kupfer	4,10	1,40	2,15	3,39
Osmiridium	0,50	1,10	37,30	10,51
Sand (Chromit usw.)	1,40	2,95	3,00	1,69
	100,50	101,15	100,25	100,15

Schon Berzelius (1828) machte darauf aufmerksam, daß das uralische Eisenplatin zuweilen polarmagnetisch ist.

Neben dem Platin und dem bereits erwähnten Chromeisenerz enthalten die uralischen Platinseifen etwas Iridium, Osmiridium und gewöhnlich auch Gold.

Ein Teil der Seifen ist von eluvialem Charakter. So wurde in allen den zahllosen Runsen, die vom Solowioff ausstrahlen, der dort angehäufte lockere Gebirgsschutt, dessen Bestandteile eine Wanderung von nur wenigen Metern abwärts hinter sich haben, zusammengekratzt, zu Tale gefahren und dort auf Platin verwaschen.

In den eigentlichen Talseifen herrscht je nach der Lage bald gröberes, bald feineres Material vor. Die armen oder tauben Schichten über den platinhaltigen Lagen sind zuweilen so mächtig, daß man lokal zu unterirdischem Betrieb hat schreiten müssen. Als ein Beispiel möge

[1]) Deville et Débray. Ann. Chim. Phys. [3] 56. S. 449.
[2]) Zitiert bei J. F. Kemp. S. 50.

das Durchschnittsprofil des platinhaltigen Schwemmlandes im Tale des Iss nach A. Saytzeff hier angeführt sein. Es lautet von oben nach unten:

„Turfa" { wirklicher Torf, woraus „turfa" sprachlich entstand, und Sand; sandiger Ton: blaugrauer, zäher Ton.

„Rjetschnik", d. i. Flußsand und Kies mit größeren Geröllen, ohne Platin.

Platinhaltiger Sand, 0,7—1,4 m mächtig.

„Potschwa". d. i. Grundgebirge.

Manchmal tritt die platinhaltige Schicht auch zu einem Konglomerat verkittet auf. Die horizontale Verbreitung der zahlbaren Schicht in den Seifen ist übrigens eine sehr wechselnde.

Es sind zuweilen auch zwei platinreiche Horizonte in dem Profil einer Seife angetroffen worden, so in den Wäschereien Alexej-Olginsky an der kleinen Ossokina.

Die platinhaltigen Ablagerungen sind zum Teil diluvialen Alters, wie Funde von Stoßzähnen und Knochen des Mammut im Rjetschnik der Bokowoy- und Elisawetinsky-Seifen beweisen. Die weit nördlich gelegenen Seifen zwischen der Sosswa und dem Tschistop (Tschissapa) gehören z. B. höher gelegenen Diluvialterrassen an, die von Moränen bedeckt sind (v. Fircks). Sie enthalten immer nur sehr fein verteiltes Platin.

Jedenfalls stellen die uralischen Seifenablagerungen die Überreste ganz gewaltiger, im Laufe vieler Jahrtausende zerstörter Gesteinsmassen dar. Hat doch die atmosphärische Verwitterung hier seit der paläozoischen Zeit ihr Spiel treiben können. So konnte sich hier mehr, wie in anderen Gegenden der Erde, der an sich höchst geringe Platingehalt der Olivingesteine einigermaßen konzentrieren.

Im Ural wurde Platin zuerst gefunden 1819 in den Goldseifen von Dakowlef. Seit der Entdeckung des Platins im Distrikt von Nischne Tagilsk im Jahre 1825 sind bis 1892 im ganzen 113211 kg dieses Metalles im Ural gewonnen worden[1]). Im Jahre 1892 betrug die Produktion 4410 kg, wozu 1350000 t Platinsand zu verwaschen waren. Im Jahre 1898 bezifferte sich die uralische Platinerzeugung auf 6027,2 kg, im Jahre 1901 auf 6328 kg, d. i. etwa 95 % der Weltproduktion. Seitdem ist ein Rückgang erfolgt auf 5241,3 kg im Jahre 1905.

[1]) The Mineral Industry. 1894, S. 596.

2. Anderweitige Vorkommnisse platinhaltiger Seifen.

Im westlichen Nordamerika enthalten manche durch Magnetit und Titaneisenerz schwärzlich gefärbte Meeressande und Flußkiese auch etwas Platin, Iridium und Osmium zugleich mit Gold, so z. B. in der Nachbarschaft des Klamath-Flusses in Siskiyou, in den Humboldt und San Franzisko Counties des nördlichen Kaliforniens und in Oregon. Es werden jährlich einige Hundert Gramm Platin dort gewonnen („white gold" der Seifenbergleute). Neuerdings sind namentlich die Seifen bei Kerby in der Nähe von Grants Pass in Josephine County, Oreg., ergiebig gewesen.

Ähnliche Vorkommnisse kennt man nach Day[1]) und Kemp am Tulameen River in Britisch Columbien. Hier wurden auch Platinklumpen verwachsen mit Chromit, mit Olivin oder mit Augit angetroffen.

Als Muttergesteine des Metalls kommen nach J. F. Kemp[2]) in erster Linie Dunite und Pyroxenite in Frage, die am Oberlauf des genannten Flusses anstehen. Noch rätselhaft ist ein sehr geringer Platingehalt dortiger gepreßter Granite.

Auch ist zu erwähnen, daß Stückchen gefunden wurden, welche mechanisch mit Gold verwachsen waren und zugleich noch Reste von Dolomit und Magnesit anhängen hatten.

Übrigens ist die Gesamtmenge des in den Vereinigten Staaten gewonnenen Platins ziemlich geringfügig. Nach J. Struthers[3]) hat sie 1901 mit 43,8 kg (im Werte von $ 27526) ihren Höhepunkt erreicht gehabt. Gleichzeitig waren 7,86 kg Jridium gewonnen worden.

Nur höchst spärliche Mengen dieses Metalles haben einige Goldseifen Canadas geliefert, wie die am Loup Fluß, nahe seinem Zusammenfluß mit der Chaudière.

In Südamerika produziert namentlich Colombien etwas Platin, das zusammen mit Gold, Chromit, Magnetit und Titaneisenerz in den Seifen der Täler des Telembi, des Cauca und des Atrato gewaschen wird. Es ist zuweilen mit Gold fest verwachsen. In den Goldseifen Colombiens wurde das Platin um die Mitte des 18. Jahrhunderts zuerst als ein neues gediegenes Metall erkannt und wegen seiner Ähnlichkeit mit Silber (plata) Platina benannt.

---

[1]) D. T. Day. *Notes on the Occurrence of Platinum in North America.* Trans. Am. Inst. Ming. Eng., Febr. 1900.

[2]) A. a. O. S. 47.

[3]) J. Struthers. *The production of platinum in 1902.* Min. Res. U. S. for 1902.

Nach Boussingault[1]) haben auch goldführende Quarzgänge bei Santa Rosa in der colombischen Provinz Antioquia Platin geliefert.

Auch auf der Insel Santo Domingo kennt man Platin.

Über das Platin in Brasilien hat uns E. Hussak[2]) unterrichtet. Das Metall ist dort schon seit etwa 100 Jahren bekannt. Es kommt in recht verschiedener Weise vor:

1. In den Seifen des Rio Abaete und dessen linken Zuflüssen (Minas Geraes) zusammen mit Gold und Diamant, sowie mit Körnern eines Baryum-Aluminium-Phosphates (Gorceixit), mit Granat, blaugrauem Titanoxyd, aber auch mit Magnetit, Chromit und Perowskit. Die zuletzt genannten und wohl auch das Platin entstammen wahrscheinlich dort bekannten Olivingesteinen. Das Platin ist ein Eisenplatin und enthält Blättchen von Osmiridium eingeschlossen.

2. In den Seifen mehrerer Flüsse am Ostabhang der zwischen Ouro Preto und Diamantina hinziehenden Serra do Espinhaço, von Itombe do Matto Dentro bis Itombe do Serro, zusammen mit seltenen Diamanten, mit Gold, Turmalinquarzit, viel Magnetit, mit Eisenglanz, Rutil, Xenotim, Anatas, Monazit, Senait, Zirkon, die alle auch für das Diamantvorkommen im nahen Diamantina charakteristisch sind. Das Platin findet sich nur zum kleinsten Teil in eckigen Körnchen oder in winzigen Kriställchen, meist vielmehr in kleinen, traubigen, innen hohlen Gebilden von Glaskopfstruktur. Von dem nördlichsten dieser Fundpunkte, Condado am Itombe do Serro rührt ein 1887 in Paris ausgestelltes, wallnußgroßes Platinstück her. Hier findet sich das Metall auch in gerollten Klümpchen. Das Platin von Condado enthält ca. 22 % Palladium. Die Herkunft des Platins mit Glaskopfstruktur ist rätselhaft. Vielleicht rührt es aus zersetzten platinhaltigen Erzen her.

3. Anhangsweise sei erwähnt, daß Platin auch als Seltenheit in den II. S. 127 geschilderten Golderzvorkommen eingestreut ist, und endlich

4. in goldführenden Quarzgängen des kristallinen Schiefergebirges am Rio Bruscus, Pernambuco, sicher nachgewiesen ist.

In keinem dieser 4 Gebiete hat bis jetzt ein nutzenbringender Seifenbetrieb sich entwickeln können.

---

[1]) Ann. Chem. et Phys. Vol. XXXII. 1826. p. 204.

[2]) E. Hussak. *Über das Vork. von Palladium und Platin in Brasilien.* Sitzber. k. Ak. d. W. Wien, Bd. CXIII. Abt. 1. Juli 1904. S. 1—88. — *Palladium und Platin in Brasilien.* Z. f. pr. G. 1906. S. 285—293. — Derselbe. *O palladio e a platina no Brasil.* Ann. da Escola de Minas de Ouro Preto No. 8. 1908. Com introducção de M. A. R. Lisbôa.

In Neu-Seeland findet sich ebenfalls Platin mit Osmium und Iridium, wenn auch nur in geringer Menge. Es ist nachgewiesen im Meeressande und einigen Flüssen im südlichen Teile der Mittelinsel, ferner an der Ostküste von Otago am Clutha River und in einigen Goldfeldern des Nelson Distriktes. Die Round Hill Gold Mining Company bei Orepuki an der Colac Bay gewann bis 1898 gegen 900 g Platin.

Auch auf Tasmanien fand man Platin führende Sande.

Auf dem australischen Festland kennt man Platin in den Goldseifen von Fifield und einigen anderen Punkten in N. S. Wales[1]. Im Jahre 1894 sind dort etwa 31 kg dieses Edelmetalles gewaschen worden. Platinhaltige Meeressande finden sich in derselben Kolonie am Richmond River.

Nur äußerst spärlich sind die Funde von Platin in Europa, so z. B. in den Goldseifen von Ollálipian in Siebenbürgen.

Endlich möge das Vorkommen von Platin in manchen Goldseifen der Insel Borneo[2] erwähnt werden. Es findet sich hier zugleich mit viel Magnetit und blaugrauem Korund, sowie mit Diamant und dem höchst seltenen Laurit (Rutheniumosmiumsulfid). Es wurde zuerst 1831 in den Seifen von Gunung Lawack im SO. der Insel entdeckt[3].

ϑ) Die Kupferseifen auf den Philippinen und in Argentinien.

Nach mündlichen Mitteilungen von F. V. Voit an den Verfasser findet sich gediegen Kupfer mehrfach im Flußgebiet des Malaguit bei Paracale in der Provinz Camarines Norte auf Luzón. Die Eingeborenen brachten wiederholt Kupfersande aus den Flußbetten zum Verkauf. Die darin neben Magnetit, Eisenglanz und etwas Gold enthaltenen, abgerundeten Kupferkörner von Hirsekorn- bis Streichholzkopfgröße hatten eine bräunlich-rote oder schwärzliche Kruste von oxydischen Verbindungen. Nach F. Rinne[4], der die Fundstelle später untersuchte, haben die Körner meist eine wirr stachelige Gestalt. Auch wurden kleine, faden- oder walzenförmige Gebilde bemerkt. Neben dem Kupfer fanden sich gelegentlich kleine Körnchen und Kriställchen von Eisenkies, reichlich

---

[1] J. B. Jaquet. *The Occurrence of Platinum in New South Wales.* Records Geol. Survey of N. S. W. 1896. S. 33.

[2] Th. Posewitz. *Das Diamantenvorkommen in Borneo.* Jahrb. d. k. ungar. Landesanst., Bd. VII.

[3] N. Jahrb. f. Min. 1858. S. 449.

[4] F. Rinne. *Kupferreiche Sande im Malaguitgebiet bei Paracale.* Z. f. pr. G., 1901, S. 387.

winzige Zirkone. Sehr wichtig ist die Beobachtung F. Rinnes, wonach im Bache Submaquin und bei Calaburnay viele Gerölle eine bröckelige Kruste von zellig-schwammigem Kupfer tragen; diese Kruste zerfällt leicht zu Kupfersand. Er schließt daraus mit Recht, daß das gediegene Kupfer der dortigen Seifen wohl nicht weither transportiert sein möge, sondern örtlichen Reduktionsprozessen von Kupferlösungen vermittels organischer Substanzen seinen Ursprung verdankt.

Wirkliche Kupfererzseifen sind durch V. Novarese[1]) von Santa Catalina im nördlichsten Teile von Argentinien beschrieben worden. Sie bestehen aus schichtungslosen Konglomeraten von Schiefer- und Grauwackegeschieben mit Knollen von oxydischem Kupfererz, die in der Mitte gediegen Kupfer umschließen. Diese zugleich etwas goldhaltige Ablagerung wird von kupferfreien Goldseifen diluvialen Alters überlagert.

---

[1]) Novarese. *Sui giacimenti auriferi della Puna di Jujuy.* Rivista del Serv. Minerar. pl. 1890 (App. alla Rel. generale.)

Neunter Abschnitt.

Allgemeine Winke für die Aufsuchung von Erzlagerstätten.

Ein jeder, der aufmerksam die in diesem Werke enthaltenen Schilderungen der einzelnen Lagerstättentypen und der Veränderungen, die sie an der Erdoberfläche erleiden, gelesen hat und sich zugleich eigene Anschauungen von möglichst zahlreichen Vorkommnissen verschiedener Art verschaffen konnte, wird kaum einer allgemeinen Anleitung zur Auffindung noch nicht bekannter Erzlagerstätten bedürfen. Trotzdem ist es vielleicht manchem erwünscht, eine kurze Zusammenstellung der wichtigsten Anhaltspunkte, die von seiten der Lagerstättenlehre einem Prospektor geboten werden können, im folgenden zu besitzen. Die Aufschlußarbeiten an bereits gefundenen Lagerstätten dagegen gehören ins Gebiet der Bergbaukunde und werden darum hier nicht zu berühren sein.

Von den älteren Darstellungen dieser Art dürften diejenigen von B. von Cotta [1]) immer noch die besten sein, und wir werden uns vielfach an seine klaren und gerade in ihrer Einfacheit und Kürze vortrefflichen Ausführungen anlehnen können. Viele gute Winke enthält u. a. auch das Werk von R. H. Stretch [2]) und dasjenige von P. Krusch.

---

[1]) B. v. Cotta. *Die Lehre von den Erzlagerstätten I.* II. Aufl. Freiberg 1859. S. 224—236.

[2]) R. H. Stretch. *Prospecting, Locating and Valuing Mines.* New York and London 1899. — C. W. Moore. *A practical guide for prospectors, explorers and miners.* London 1893. — S. H. Cox. *Prospecting for minerals.* Practical Handbook. Rev. ed. Illustr. 1900. — P. Krusch. *Die Untersuchung und Bewertung von Erzlagerstätten.* Stuttgart 1907.

Solche Winke werden notwendigerweise immer sehr allgemein gehalten werden müssen. Speziellere Regeln lassen sich nicht geben, da sie ebenso mannigfaltig sein müßten, wie die geologische Natur der von uns geschilderten Lagerstätten.

Man weiß übrigens, daß sehr viele Erzlagerstätten durch einen Zufall entdeckt worden sind, ohne daß jemand danach gesucht hätte, und es ist ferner bekannt, daß die berufsmäßigen Prospektoren oder Erzsucher in noch wenig durchforschten Gegenden der Erde gewöhnlich Nichtgeologen sind oder höchstens über gewisse elementare und mehr instinktive geologische Kenntnisse verfügen. Immerhin wird der auf diesem Gebiete so erfolgreiche rohe Empirismus durch die Berücksichtigung gewisser geologischer Tatsachen noch gewinnen können[1]), wie folgende Erwägungen uns lehren.

A. Das häufigere Vorkommen von Erzlagerstätten in Gegenden von besonderem geologischem Bau.

Immer noch gilt der Cottasche Leitsatz: „Erzlagerstätten überhaupt finden sich häufiger in den Regionen der älteren, als der neueren Gesteine“. Wie er ausgeführt hat, ist der Grund nicht etwa darin, daß die älteren geologischen Zeiträume für die Bildung der Erzlagerstätten günstigere Bedingungen geboten hätten, sondern vielmehr darin zu suchen, daß die meisten Erzkonzentrationen nur in tieferen Erdregionen, unter höherer Temperatur und höherem Druck, als wie sie an der Oberfläche herrschen, sich bilden können. Es gilt dies nicht nur für alle Lagerstätten, die als magmatische Ausscheidungen oder als kontaktmetamorphe Bildungen aufgefaßt werden müssen, sondern

---

[1]) Ganz selbstverständlich ist natürlich der große Nutzen, den eine genaue geologische Untersuchung bei der weiteren Ausbeutung einmal fündig gewordener Lagerstätten gewährt. So sehen wir denn z. B. die nordamerikanische Geological Survey sofort nach der Entdeckung neuer Erzgebiete deren geologische Durchforschung energisch in Angriff nehmen, sodaß schon nach ein paar Jahren, wie in dem Falle von Cripple Creek, der Bergmann sich einer guten geologischen Basis für weitere Unternehmungen erfreuen konnte. So sehen wir auch in den alten Kulturstaaten die Regierungen bestrebt, die seit lange bekannten und bebauten Erzreviere von geologischer Seite monographisch bearbeiten zu lassen.

Hier ist auch der Platz, um auf die von der kgl. geolog. Landesanstalt zu Berlin herausgegebene Karte der nutzbaren Lagerstätten Deutschlands (seit 1907 in Lieferungen) hinzuweisen.

auch für die meisten Erzgänge und sonstigen epigenetischen Gebilde. Nur die rein sedimentären Erzlager und solche sekundäre Lagerstätten, die sehr weit abseits von dem eigentlichen Ursprungsort ihrer Erze niedergelegt wurden, sind auszunehmen. Alle solche Teile unserer Erdkruste aber, die unter jenen Bedingungen gestanden haben, müssen früher eine sehr mächtige Bedeckung und Belastung durch jüngere Schichten getragen haben, aus der sie erst durch die spätere Erosion und Denudation herausgeschält worden sind, und dies ist eben nur möglich, wenn sie selbst ein verhältnismäßig hohes geologisches Alter besitzen.

Gewöhnlich trägt auch das Nebengestein der Erzlagerstätten, sofern es nicht von Haus aus kristallin und damit gegen die meisten plutonischen Veränderungen gefeit war, die Spuren der Beeinflussung durch jene bei der Erzkonzentration hauptsächlich wirksamen Faktoren, hohen Druck und hohe Temperatur, zur Schau, d. h. es zeigt sich mehr oder weniger stark metamorph. Das metamorphe Schiefergebirge wird so immer dem Erzsucher besonders reiche Aussicht auf Erfolg bieten; nach solchen Regionen, wo es zu Tage liegt, wird er zuerst seine Schritte lenken. Dabei wird es ganz gleichgültig sein, ob die kristallinen Schiefer in die ihrem Alter nach weiterhin unbestimmbare Gruppe der „archäischen" Schichten gehören, oder ob sie als metamorphe, paläozoische Sedimente erkannt sind.

Die Möglichkeit, Erzlagerstätten in solchen sehr alten und besonders in solchen metamorphen Gesteinen zu finden, wird gesteigert, wenn noch einige weitere Bedingungen hinzutreten.

Vor allem sind im allgemeinen von den Gegenden mit geologisch alten Sedimenten solche besonders günstig, die gebirgigen Charakter haben oder die wenigstens in früheren geologischen Perioden einmal einen solchen besaßen und erst durch spätere Abrasion mehr oder weniger eingeebnet worden sind. Es deckt sich dieser Satz ungefähr mit der allgemein-geologischen Erfahrung, daß kristalline Schiefer vorzugsweise in gebirgigen Gegenden oder in abradierten Landstrichen von ehemaligem Gebirgscharakter gefunden werden.

Schon die ältesten deutschen bergmännischen Schriftsteller seit Mathesius machten nun aber hierbei einen Unterschied unter den Gebirgen. Sie zogen „sänftige Mittelgebirge mit flachen Gründen" den schroffen, pralligen, „stücklichen" Gebirgen von alpinem Charakter vor und im allgemeinen nicht mit Unrecht. Die im geologischen Sinne modernen Faltengebirge, wie der Schweizer Jura, der größte Teil der Alpen und eigentlichen Karpathen, mit ihren schroffen Formen enthalten in der Hauptsache nur sehr spärliche Erzlagerstätten;

die älteren Gebirge dagegen, vorzüglich diejenigen, deren Haupthebungsakte noch in das paläozoische Zeitalter fallen, wie das Erzgebirge und der Harz, und das sind ja tatsächlich Gebirge mit sanfterem Relief, sind im allgemeinen viel reicher daran, desgleichen alte, schon fast wieder von der Tätigkeit des Wassers abgehobelte Gebirge, wahre Gebirgsruinen, wie das rheinische Schiefergebirge. Der Grund dieser Erscheinung ist der, daß in den jugendlichen Faltengebirgen die eigentlichen Sitze der Erzkonzentrationen, die kristallinen Kernschichten, noch nicht von ihrer mächtigen Hülle jüngerer Sedimente genügend befreit sind. Gewöhnlich sind syngenetisch mit dem Nebengestein gebildete Erzlager, vorzüglich Eisenerzlager, die einzigen metallischen Bodenschätze solcher geologisch modernen Kettengebirge.

Der Kreis, innerhalb dessen der Suchende vorzüglich Funde zu machen hoffen darf, wird noch enger gezogen, sein Weg ist ihm noch klarer vorgezeichnet, wenn er sich der ferneren Tatsache erinnert, daß bei weitem die meisten epigenetischen und selbstverständlich alle magmatischen Erzlagerstätten in mehr oder minder engem räumlichem Zusammenhang mit Eruptivgesteinsmassen stehen.

Im Laufe unserer ganzen Darstellung haben wir diese Bedeutung namentlich der alten, oder besser gesagt, aus großer Tiefe heraus bloßgelegten plutonischen Herde, zum Teil auch alter und junger, nahe an der Oberfläche erstarrter, vulkanischer Massen für die Herausbildung von Erzlagerstätten hervorgehoben. Es sei nur einiges wenige nochmals wiederholt.

Granite, besonders solche, die Turmalin, Lithionglimmer oder Topas oder alle zusammen enthalten, sind auf dem ganzen Erdenrund überaus häufig mit Zinnerzgängen und -imprägnationen verknüpft. Sie sind ferner vielfach auch für die Bildung von Golderzgängen verantwortlich gemacht worden, wie das namentlich für die Aplite gilt. Auch die Gänge der Silber-Bleierzformationen stehen wahrscheinlich häufig zu granitischen Gebirgskernen in genetischer Beziehung, wie dies durch eine ausführliche Studie von K. Dalmer[1]) für das Erzgebirge dargelegt worden ist, und endlich ist der ihrem Metallinhalt nach so vielgestaltigen, kontaktmetamorphen Lagerstätten in der Nachbarschaft granitischer, syenitischer oder dioritischer Intrusivmassen zu gedenken. Gabbros, Diorite, Olivinfelse und Serpentine sahen wir mit Nickel-Kupfererzlager-

[1]) K. Dalmer. *Westerzgebirgische Granitmassivzone.* Z. f. pr. G. 1900, S. 287—313.

stätten verknüpft, Augitsyenite und quarzfreie Porphyre mit Eisenerzen, Diabase und Diorite (z. T. umgewandelte Diabase) mit Golderzen, andere Diabase und Melaphyre mit Kupfererzen, Dazite und Liparite, besonders in dem als Propylit bezeichneten Zustand, mit Silber-Golderzen usw. Es werden daher die Forschungen ganz besonders auf solche Eruptivmassen sich erstrecken müssen.

B. Besondere Anzeichen für das Vorhandensein von Erzlagerstätten.

Hat man einmal nach solchen allgemeinen Gesichtspunkten gewisse Gebiete ins Auge gefaßt, so muß der Blick des weiteren auf besondere Anzeichen für das Vorhandensein von Erzlagerstätten gerichtet werden.

Besonders wichtig wird hier die Färbung der Erzausstriche sein können, wie sie sich nicht nur an dem von Natur anstehenden oder künstlich bei Schürfarbeiten bloßgelegten Gestein zu zeigen braucht, sondern bereits an dem lockeren Verwitterungsboden in Form eines sogenannten Schweifes, d. i. einer unbestimmt wolkig begrenzten, mehr oder weniger langgestreckten, gefärbten Zone sich verraten kann, in kultivierten Gegenden mitunter sogar noch im Ackergrund sichtbar wird. Nach dem, was II. S. 308 über den Eisernen Hut und seine höchst mannigfache Ausbildung gesagt worden ist, kann diese Färbung eine sehr verschiedene sein. Am häufigsten sind, und zwar bei ganz verschiedenartigen Lagerstätten, braun-rote Färbungen. Wo Kupferverbindungen zugegen sind, können blaue, und noch häufiger grüne Töne zur Entwicklung kommen, mehr gelbe bei Blei-, weißliche bei Zinkerzlagerstätten.

Auch die Bodenformen, welche die Ausstriche verraten können, müssen beobachtet werden. Wo die Erzmassen wesentlich aus einer schwer angreifbaren Gangart, wie aus Quarz bestehen, werden die Ausstriche im Gelände als Erhöhung hervortreten, Gänge also besonders als oft weithin streichende Riffe oder Kämme sehr leicht ins Auge fallen. Herrschen dagegen leicht auslaugbare Gangarten, wie Karbonspäte, oder besteht die Füllung fast ausschließlich aus leicht zersetzbaren Erzen, oder handelt es sich endlich nur um Zerrüttungszonen des Gesteins, nicht um eigentliche Gänge, so werden im Gegenteil die Ausstriche Vertiefungen bilden, und in diesem Falle Gänge an Berggehängen oft mit Regenrinnen und Schluchten zusammenfallen, da die Gewässer sich in ihrer weichen Verwitterungsmasse ein Bett auswühlen konn en.

Mitunter wird auch der Pflanzenwuchs gewisse Anhaltspunkte geben können.

Die Pflanzenphysiologie kennt schon längst einige Pflanzenarten, deren Blütenfärbung und wohl auch sonstiger Habitus Veränderungen erleidet, wenn ihrem Nährboden gewisse Metallverbindungen zugesetzt werden. Die Gärtner verwenden z. B. einen Zusatz von Eisenoxyd, um besondere Farbenspielarten von Hortensia zu erzeugen. So gibt es nun auch in der Natur seltene Vorkommnisse von Pflanzenvarietäten, die auf gewisse Metalle enthaltende Standorte beschränkt sind. Leider bedürfen wohl viele der hierauf bezüglichen, in der Literatur erwähnten Angaben noch sehr der kritischen Prüfung von botanischer Seite, einige aber scheinen ganz fest zu stehen.

Am bekanntesten ist das Galmeiveilchen oder die Kelmesblume, Viola lutea Huds. var. calaminaria Lej., die auf den Galmeiausstrichen Oberschlesiens, Westfalens und Belgiens, sowie auch in Utah sich findet.

Bei Raibl gilt als Zinkpflanze ferner Thlaspi cepeaefolium Koch, das dickblätterige Täschelkraut, eine Crucifere, während die Zinkerzhalden von Monteponi, San Giorgio und Campopisano nach E. Ferraris[1]) von der Primulacee Anagallis collina bevorzugt werden. In der Asche der letzteren wurde Zn und Fe in bemerkenswerter Menge nachgewiesen. Von Raibl ist ferner bekannt, daß Gräser auf Zinkboden ihr Aussehen verändern und den Schafen schädlich werden. Dies gilt von dem sog. „bösen Graß“, das sind Matten, die sich von der Spitze des kleinen Königsberges über das vormalige Struggelsche Grubenfeld zur Talsohle hinziehen.

Auf den Kupferschieferhalden der Grafschaft Mansfeld hat sich Alsine verna Bartl. seßhaft gemacht, die sonst nur in höheren Regionen der Alpen und Karpaten, sowie sandigen Hügeln Ungarns zu Hause ist[2]). Sie ist vermutlich gegen die Einwirkung metallhaltigen Bodens gefeit, der ihre Konkurrenten tötet. Etwas Ähnliches ist es wohl mit einem anderen Eindringling von Osten und Südosten her, dem Sempervivum soboliferum Sims., das eine Vorliebe für die Halden der erzgebirgischen Zinnerzgruben hat.

---

[1]) Österr. Zeitschr. f. B. u. H. 51. Jahrg. 1903, S. 656 und 52. Jahrg. 1904, S. 66.

[2]) A. Schulz. *Entwicklungsgesch. der Pflanzendecke Mitteleuropas nördl. d. Alpen.* Stuttgart. 1899. S. 270.

E. Lidgey[1]) führt außerdem noch folgende Leitpflanzen an: Auf Kalksteinböden mit Bleiglanzlagen wächst in Michigan, Wiskonsin und Illinois Amorpha canescens, ein dem Indigo ähnlicher Schmetterlingsblütler, auf tonigem Boden mit Bleiglanz in Missouri gedeihen Sträucher aus der Gattung Rhus und Sassafras. In Montana soll der Ausstrich von Silbererzen durch Eriogonum ovalifolium verraten werden. Endlich soll nach S. B. Skertchly[2]) in Queensland die Caryophyllacee Polycarpaea spirostylis untrüglich einen Kupfergehalt des Bodens anzeigen. W. Edlinger[3]) fand sie freilich auch auf gänzlich erzfreiem Porphyrboden in Menge.

Da Erzanhäufungen oft längs Verwerfungslinien sich finden, also längs der Grenze zweier häufig ganz verschiedenartiger Gesteine, wird zuweilen schon der Unterschied im Pflanzenwuchs, den dieses verschiedene Gestein mit sich bringt, mit heran gezogen werden können. So findet man nach R. H. Stretch[4]) in Arizona auf Granit, Quarzit und anderem kieselreichem Boden eine eintönige Vegetation von Yucca, während die Tonschieferareale sich mit Ocotilla bedeckt haben, der Kalkstein dagegen und die kalkreichen Eruptivgesteine die Kaktusarten anziehen. So wird in Kalifornien nach demselben Autor die Verbreitungsgrenze der goldführenden Kiesbetten längs der Berggehänge im Frühling besonders gut durch gewisse weißblühende Sträucher gekennzeichnet. Diese lieben nämlich das Wasser, das an der Grenze von Kies und Grundgebirge auszutreten oder wenigstens den Boden feucht zu halten pflegt. Der offene Blick eines guten Beobachters wird daher auch die Pflanzenwelt berücksichtigen müssen.

Die letzterwähnte Beobachtung führt uns hinüber zu dem Indicium, das Quellen bieten. Jeder Brunnenbauer weiß, daß solche gern dort austreten, wo Spalten den Boden durchziehen, also können auch Gangausstriche durch Quellenzonen verraten werden. „Ein jeder Gang hat sein eigenes Wasser“ ist ein alter Bergmannsspruch. Mitunter spülen aus Gangspalten austretende Quellen auch Eisenocker und andere metallhaltige schlammige Zersetzungsprodukte heraus, sogenannte Guhren, die dann wichtige Anzeichen sind.

Viel sicherere Beweismittel für die Nähe von Erzlagerstätten sind natürlich Funde von verrolltem Material aus Erzlagerstätten, das der englisch sprechende Prospektor „float“ nennt. Es findet sich

---

[1]) Transact. of the Australas. Inst. of Min. Eng. Vol. IV. 1897. S. 116.

[2]) Gardiner's Chronicle. 11. Dez. 1897.

[3]) Briefl. Mitt. an den Verf. von 1908.

[4]) A. a. O. S. 152.

teils im Schutt der Gehänge, teils im Geröll der Bach- und Flußbetten. Am meisten trifft man unter solchen verrollten Stücken die Lager- und Gangarten, seltener die Erze, oft sind aber wenigstens Spuren von Erz noch mit den Geröllen einer charakteristischen Gangart verwachsen. Der Quarz, besonders der an einem zerfressenen Aussehen gewöhnlich leicht kenntliche Gangquarz, muß besonders aufmerksam gesucht werden. Auch andere nicht metallische Mineralien werden dem, der die paragenetischen Verhältnisse der Erzlagerstätten kennt, wichtige Fingerzeige sein können. Man folgt den Bächen, die Quarz oder andere derartige Begleiter von Erzen führen, an ihrem Oberlauf bis dorthin, wo solche Stücken nicht mehr im Bette vorhanden sind, und sucht dort die beiderseitigen Gehänge oder die vielleicht felsige Rinne, die das Wasser eingegraben hat, nach dem vermutlichen Gangausstrich ab. In ähnlicher Weise geht man an Gehängen soweit hinauf, bis die letzten Bruchstücke verdächtiger Beschaffenheit verschwinden. Hier hat man Aussicht an der oberen Grenze des Ausstriches zu stehen und kann danach seine Schurfgräben ziehen lassen.

Bei solchen Schürfversuchen auf Gängen ist es natürlich eine große Erleichterung, wenn man schon darüber orientiert ist, welches die vorherrschende Streichrichtung der Gangspalten einer Gegend ist. Der Prospektor soll daher auch das Streichen und Fallen aller tauben Klüfte sorgfältig beobachten und registrieren, um vielleicht aus seinen Beobachtungen eine allgemeine Regel für das Gangstreichen ableiten zu können. War solches vielleicht an den meist überall leicht zu überschauenden tauben Quarzgängen möglich, so wird er dann immer seine Schurfgräben möglichst quer zu diesem Generalstreichen zu ziehen haben. Gestatteten dagegen die Verhältnisse eine solche vorherige Orientierung nicht, so zieht man Schurfgräben in zwei beliebigen, aufeinander senkrechten Richtungen.

Die Bedeutung der möglichst genauen Erkenntnis der Tektonik einer Gegend für das Schürfen nach schichtigen Lagerstätten haben wir schon II. S. 336 hervorgehoben. Auch hier haben sich die Arbeiten immer möglichst quer zum Generalstreichen zu bewegen.

Daß der Erzsucher auch die Anzeichen älterer, vielleicht sogar prähistorischer Bergbauversuche eifrig als Anhaltspunkte zu benutzen hat, besonders alte Pingenzüge, ist selbstverständlich. Hierüber findet man das weitere in den Lehrbüchern über Bergbaukunde.

Eine besondere Abänderung erleidet das Verfahren des Prospektors, wenn es sich um die Auffindung von Seifen handelt.

Bei dem Suchen nach Gold, Platin und Zinnstein ist vor allen Dingen der Sichertrog oder die metallene Pfanne (goldpan, batea), daneben auch noch eine leicht transportable kleine Hornmulde (miners hornspoon) anzuwenden, die nur wenig Waschwasser bedarf, also auch für wasserarme Gegenden sich eignet. Man wäscht überall in den Fluß- und Bachbetten besonders die dunkelgefärbten, weil an Eisenerzen reichen Sandpartien durch, namentlich solche, die in Vertiefungen des Felsuntergrundes sich aufgefangen haben oder zwischen schwererem Geröll und zwischen Blockwerk liegen. Diese enthalten am ehesten die gesuchten wertvollen Bestandteile, wenn überhaupt solche in dem Schwemmland vorkommen. Die meiste Aussicht auf Erfolg hat man an den konvexen Seiten von Umbiegungen der Flußläufe oder dort, wo die Bäche in eine Talweitung eintreten. Jedenfalls sind sehr viele Versuche zu machen, und auch wenn eine Sicherprobe erfolgreich war, bedarf es noch vieler anderer, um ganz sichere Resultate zu erlangen. Gewisse, von uns früher aufgeführte Begleitmineralien werden hierbei schon vor Auffindung der eigentlichen, gesuchten Substanzen die Gegenwart dieser letzteren verraten: Chromit wird auf Platin, Zinnober auf Gold, Topas und Turmalin auf Zinnstein hindeuten können.

Geübte Prospektoren werden aus der Anzahl der Goldstäubchen, die in dem dunkelgefärbten, schwersten Rest einer Pfanne aufleuchten (auch pintas oder colors genannt), Schlüsse auf den Reichtum der Seife ziehen, wohl auch durch ein möglichst einfaches Amalgamationsverfahren die dem Auge nicht sichtbaren Goldpartikelchen mit zu gewinnen suchen. Es werden daher vielfach auch die Gehaltsangaben von Goldseifen nicht auf die Tonne der Sand- oder Geröllmasse, sondern auf eine bestimmte Kubikeinheit bezogen, von der man weiß, wie viele Pfannen sie ungefähr enthält; in Kalifornien z. B. auf 1 cubic yard = 150 pans, wobei 1 pan ungefähr = 25 lb. Auch pflegt man den Wert einer Seifenablagerung durch Angabe des Goldwertes per Pfanne in landläufiger Münze zu taxieren, also z. B. zu sagen: „die Seife hält so und so viel Cents pro Pfanne.“ Ist einmal der Seifencharakter einer Geröll- oder Sandablagerung erkannt, so wird die nächste Aufgabe sein, ihre tiefsten, gewöhnlich besonders reichen Lagen bloßzulegen, unter Umständen auch durch Bohrungen mit Hohlbohrern usw. sich ein Bild von der räumlichen Entwicklung und Aufeinanderfolge der metallreichsten Schichten zu verschaffen. Auch die oberste, gewöhnlich tonig zersetzte Lage des festen Felsuntergrundes muß auf das gesuchte Metall geprüft werden.

Bei einer solchen spezielleren Untersuchung einer Seife wird man tiefe Schurflöcher nicht entbehren können, die nach einem bestimmten Plan, meist in Reihen quer zur Talrichtung, angesetzt und auf einem Riß eingetragen werden.

Weiterhin wird man solche Täler, worin Seifen gefunden wurden, aufwärts wandern, um die primären Lagerstätten aufzusuchen. Werden im Bachbett größere und noch sehr wenig gerollte Fragmente von Quarz sichtbar, so wird man hier, weil vermutlich dem Ziele nahe, besonders eifrig bei der Arbeit sein.

Auch wird man, wenn die jüngsten Anschwemmungen metallhaltig sind, die Untersuchung später auf ältere Flußterrassen ausdehnen müssen, besonders auf hochgelegene Grand- und Sandablagerungen aus altdiluvialer oder tertiärer Zeit. Nicht selten findet man solche unter einer schützenden Decke von Basalt erhalten. Basaltische Tafelberge auf Hochflächen, auf denen man solche alte Flußläufe vermutet, müssen daher genau untersucht werden. Der Geübte erkennt sie an ihrer Form schon aus weiter Ferne.

Wo das Binnenland Seifen führt, wird mitunter auch die Prüfung der Sande am Meeresgestade Erfolg haben, wobei immer die schwärzlich gefärbten Partien in die Pfanne genommen werden müssen.

Eine besondere Art der Aufsuchung gestatten die Lagerstätten von Magneteisenerz und vielfach auch solche, die viel Magnetkies enthalten. Mit großartigen Erfolgen bedient man sich namentlich in Schweden schon seit der Erfindung des schwedischen Bergkompasses durch D. Tilas im Jahre 1672, zu deren Auffindung der magnetischen Methode, die von R. Thalén Anfang der siebziger Jahre vorigen Jahrhunderts wissenschaftlich ausgearbeitet, durch E. Tiberg wesentlich vervollkommnet worden ist. Die Beschreibung des Thalén-Tibergschen Magnetometers und seiner Anwendung wolle man in den unten[1]) zitierten Schriften nachlesen.

---

[1]) R. Thalén. *Redogörelse för en ny method att medelst magnetiska mätningar undersöka jernmalmsfält etc.* Övers. Kongl. Vet. Ak. Förh. 1874. II. H. S. 5. Siehe auch IV. H., S. 7. VIII. H., S. 3. — E. Tiberg. *Om magnetiska mätningar vid jernmalmsfält medelst den magnetiska inklinationsvågen.* Jern-Kontorets Ann. 1884. S. 29—67. — H. Lloyd Smyth. *Magnetic Observations in Geological Mapping.* Trans. Am. Inst. Min. Eng. Colorado M. Sept. 1896. — G. Nordenström. *Dans L'Industrie Minière de la Suède en 1897.* Stockholm 1897. p. 20 bis 30. Avec planches. — Th. Dahlbloom. *Über magnetische Erzlagerstätten und deren Untersuchung durch magnetische Messungen.* Übers. von P. Uhlich. Freiberg 1899. — P. Uhlich. *Über magnetische Erzlagerstätten und deren Untersuchung*

Durch solche Untersuchungen wird die Verteilung des einem magnetischen Erzlager eigentümlichen Magnetismus auf der Erdoberfläche ermittelt und kartographisch zur Anschauung gebracht, auch in solchen Fällen, wo die Lagerstätten unter Moor und Wald oder unter einer Hülle von diluvialen Massen verborgen liegen. Die Lage der beiden magnetischen Pole in den Erzkörpern ist in der Regel eine solche, daß ihre Verbindungslinien mit den magnetischen Kraftlinien der Erde zusammenfallen. Auch macht die von dem Lager ausgehende Kraft in beschränktem Maaße die täglichen Schwankungen in der Intensität des Erdmagnetismus mit. Da nun diese Intensität in der Richtung von den Polen nach dem Äquator hin abnimmt, üben die magnetischen Erzlager in Ländern höherer Breite eine viel stärkere Wirkung auf die Magnetnadel aus, als die in geringen Breiten. Die Zuverlässigkeit nicht sehr stark empfindlicher Instrumente in südlichen Gebieten, z. B. Europas, ist darum eine weit geringere, als in Schweden und Finnland, wo die magnetometrische Schürfung so große Erfolge gehabt hat. So haben z. B. die sehr umfangreichen Aufschlußarbeiten und Bohrungen bei Sohland in der Lausitz (vgl. I. S. 81) gezeigt, daß man sich dort ganz und gar nicht auf die Ergebnisse der Arbeit mit dem Thalén-Tibergschen Magnetometer mit dem Dahlbloomschen Ablenkungsarm verlassen darf. Dasselbe gilt, wie mir P. Wilski[1]) mitteilt, für die sächsischen Magneteisenerzlagerstätten von Berggießhübel (I. S. 102) und Schwarzenberg (I. S. 124). Die zu geringe Empfindlichkeit des Instrumentes läßt die kaum merkliche Einwirkung der Erzlager bei der kartographischen Wiedergabe vielfach unter Abweichungen verschwinden, die eine Folge von unvermeidlichen Beobachtungsfehlern sind. Man erhält so ganz unbrauchbare, verschleierte Bilder. P. Wilski ist im Begriff, bei solchen schwach wirkenden Erzlagern in niedrigen Breiten die Untersuchung mit dem Magnettheodolit in Verbindung mit dem Magnettisch anzuwenden und verspricht sich mit diesem zuerst von W. Petersson in Stockholm angegebenen Instrument besseren Erfolg. Stärker wirkende

---

mittels des Magnetometers. Jahrb. f. d. Berg- u. Hüttenw., Freiberg 1899, S. 1—43 und *Weitere Beitr. zur Aufsuchung magnetischer Erzlagerstätten.* Ebendort 1902, S. 98—128, Taf. VII—XX. — E. Haanel. *On the location and examination of magnetic ore deposits by magnetometric measurements.* Ottawa 1904. — H. Lloyd Smyth. *Magnetic observations in geological and economic work.* Econ. Geol. II. 1907 and III. 1908. — W. Hotz. *Die Magnetitlagerstätten von Vaspatak.* Mitt. Geol. Ges. Wien. II. 1. 1909. — Magnetometer können bezogen werden durch Mechaniker Berg in Stockholm und durch Mechaniker Pässler in Freiberg.

[1]) Freundliche briefliche Mitteilung meines Herrn Kollegen vom 10. Juni 1909.

Erzlager haben übrigens gelegentlich doch auch in südlicheren Ländern brauchbare Resultate mit dem gewöhnlichen Magnetometer erzielen lassen, wie mehrere von W. Hotz besprochene Fälle zeigen.

C. Probeentnahme für wissenschaftliche Zwecke.

Der Prospektor, der eine Lagerstätte gefunden und die ersten bergmännischen Aufschlußarbeiten ausgeführt hat, wird bald auch zur Probeentnahme zu schreiten haben, deren Methode von der Probierkunde[1]) gelehrt wird, daher hier nicht berührt werden soll. Wohl aber sei hier einer Probeentnahme in anderem Sinne gedacht, derjenigen nämlich, die für eine wissenschaftlich geologische Beschreibung eines Erzvorkommens die Grundlage zu bieten hat, und für die leider noch so wenig Verständnis selbst unter sonst geschulten Bergleuten und Forschungsreisenden vorhanden ist. Folgende Regeln würden hierbei, soweit es möglich ist, zu beherzigen sein:

1. Man suche vor allem eine Skizze des Vorkommnisses, wenn auch vielleicht nur auf rohester topographischer Unterlage zu fertigen, auf der man mit Ziffern die Punkte einträgt, von denen die einzelnen Belegstücke stammen.
2. Die entsprechenden Ziffern werden den letzteren gleich mittels fester Etiketten aufgeklebt, noch besser mit Zinnoberfarbe aufgepinselt, wenn dies angängig ist. Mit einem Überzug von gewöhnlichem Spirituslack macht man diese Ziffern noch unzerstörbarer. Genau ebenso numerierte Zettel oder eine entsprechende Liste liegen bei.
3. Eine Profilskizze, und sei sie auch noch so einfach, ist immer beizugeben und mit entsprechenden Ziffern zu beschreiben.

Man sammle alsdann:

4. Proben der unzersetzten, in der Tiefe erschlossenen und der zersetzten, oberflächlich ausstreichenden Erzmasse;
5. frisches, in etwas größerer Entfernung anstehendes und vielleicht noch zersetztes, unmittelbar angrenzendes Nebengestein des Liegenden und Hangenden in Handstücken und außerdem noch kleineren, zur chemischen oder mikroskopischen Untersuchung geeigneten Fragmenten;

---

[1]) B. Kerl. *Probierbuch.* III. Aufl. 1894, S. 2ff.

6. desgleichen solche Belegstücke von Eruptivgängen oder -stöcken, die in der Nachbarschaft anstehen;
7. Petrefakten aus den versteinerungsführenden Schichten des Liegenden und Hangenden, wo solche vorliegen;
8. Proben von tonigen, lettigen und grusigen Massen, die mit der Lagerstätte in Berührung stehen, auf die übrigens auch die Probierer trotz ihrer Unscheinbarkeit nicht aufmerksam genug sein sollten (man denke an die silberreichen Letten vieler Vorkommnisse);
9. bei Seifen rohes und geschlämmtes, bezw. angereichertes Material in Säckchen verpackt, wenn möglich Proben des ganzen Seifenprofiles.

Eine kleine, aber gut ausgewählte und etikettierte Sammlung dieser Art kann mehr wissenschaftlichen und vielleicht auch praktischen Nutzen stiften, als eine große, ohne Methode gesammelte und unzweckmäßig bezeichnete oder verpackte Kollektion.

Erst, wenn eigentlicher Grubenbetrieb sich entwickelt hat, wird man endlich auch noch weitergehende Wünsche zu befriedigen imstande sein, und größere Stufen aus der Lagerstätte, welche die Struktur des Vorkommens und wo möglich beide Salbänder nebst Nebengestein zeigen, gewinnen können.

Nachträge.

Gediegen Eisen im Basalt.

Zu I. S. 21.

Zu dem grönländischen Vorkommen hat sich ein ähnliches aus dem Deutschen Reich gesellt[1]).

Dendritisch verzweigte Knollen von anscheinend nickelfreiem Eisen, begleitet von etwas Magnetkies, sind im Basalt des Bühls bei Weimar, nordwestlich von Kassel, in Stücken bis über 1500 g schwer gefunden worden.

Über die Mikrostruktur der titanhaltigen Magneteisenerze.

Im allgemeinen Teil von Abschnitt 3 auf S. 47 des I. Bandes und in 4 auf S. 54 daselbst ist leider vergessen worden, auf die Ergebnisse einer wichtigen Arbeit

[1]) F. F. Hornstein. *Das Vorkommen von makroskopischen Einschlüssen gediegenen Eisens in Basalt aus der Gegend von Kassel.* Mit zwei Textfiguren. Zentralbl. d. N. J. f. M. 1907, S. 276—279.

E. Hussaks[1]) hinzuweisen. Danach findet sich bei vielen brasilianischen Titanmagneteisenerzen ein dem Ilmenit analoges Titanmineral (Fe, Mg, Mn) O • TiO_2 eingewachsen in Magnetit und zwar häufig gesetzmäßig nach den Oktaederflächen. Außerdem umschließen Titaneisenerze aus basischen Eruptivgesteinen häufig Perowskit, ein Pyrochlormineral, Baddeleyit und sekundären Anatas.

Die kontaktmetamorphe Kupfererzlagerstätte in White Horse, Kanada,

zu I. S. 155

ist inzwischen von O. Stutzer[2]) genauer untersucht worden. Unter dessen interessanten Beobachtungen mag hier folgendes hervorgehoben sein: Der Kalkstein von White Horse gehört zum Devon. Der dortige Tonalit ist ein Teil des angeblich 1700 km langen und 50—170 km breiten Eruptivkörpers, den man als Coast Range-Batholith bezeichnet und dessen Gestein von Granit bis Gabbro abändert. Die von N. Fukuchi für analoge Lagerstätten angegebene Zonenfolge wurde auch hier konstatiert: 1. Tonalit, 2. Granat-Pyroxenfels mit Erz, 3. Wollastonitfels (nicht Tremolitfels) mit Erz, 4. Kalkstein (Grube Copper King). Der Wollastonit enthält mikroskopische Flüssigkeitseinschlüsse mit Libellen und Würfelchen von wahrscheinlich Chlornatrium.

Unter den im übrigen dort häufigsten Begleitmineralien der Erze herrscht die Ausscheidungsfolge 1. Pyroxen, 2. Granat, 3. Kalzit. Die Erze sind nicht erst nach der Erstarrung des Eruptivgesteines entstanden, weil am Kontakt mit dem Tonalit die Erzlagerstätte aufhört und nicht in den Intrusivkörper eingreift.

An anderen Grenzpunkten des Coast Range-Batholithen befinden sich die kontaktmetamorphen Kupfererzlagerstätten der Kasaan Peninsula auf Prince of Wales Island (Alaska) und auf Texada Island (Brit. Columbia).

Über Zinnerzröhrengänge.

Im I. Band S. 304—305 findet man eine kurze Beschreibung der Zinnstein führenden Erzschläuche von Potgietersrust und Salomonstempel in Transvaal nach H. Merensky. Inzwischen ist dieses eigenartige, für die Zinnerzgeologie neue Vorkommen weiterhin untersucht worden, wie wir einer interessanten Abhandlung von H. Kynaston[3]) entnehmen. Bei der großen theoretischen Bedeutung dieser Gebilde sei daraus noch einiges nachgetragen: Die „pipes“ von Zaaiplaats bilden mehrfach verzweigte und gewöhnlich schwach geneigte Systeme oder treten einzeln auf. Ihr Querschnitt ist rundlich oder elliptisch. Die Kernregion besteht aus zersetztem Granit mit Zinnstein. Die Peripherie ist gewöhnlich reich an Turmalin. Um diesen Turmalinring legt sich oft noch ein Ring schwach zersetzten Granites. Dann

[1]) E. Hussak. *Über die Mikrostruktur einiger brasilianischer Titanmagneteisensteine.* N. Jahrb. f. Min. 1904, I, S. 94—113.

[2]) O. Stutzer. *Kupfererzlagerstätten von White Horse.* Z. f. pr. G. 1909, S. 116—121. — Derselbe. *Kontaktmetamorphe Erzlagerstätten.* Ebenda S. 145—155.

[3]) H. Kynaston. *Rep. on a preliminary examination of the cassiterite deposits of Zaaiplaats etc.* Rep. Geol. Surv. Transvaal Mines Dep. for 1907 (1908), p. 93—102.

folgt das herrschende Gestein, der grobe rote Granit. Man hat diese Röhren, deren Durchmesser bis 1,5 m erreicht, im Fallen bis 96 m Tiefe verfolgt, ohne ihr Ende zu erreichen. Ähnliche Röhrengänge bei Roodepoort und Groenfontein zeigten eine starke Konzentration des Zinnsteins unmittelbar an der Innenseite des Turmalinrohres.

H. Kynaston macht darauf aufmerksam, daß ganz ähnliche Zinnerzschläuche von G. F. Pittman aus den Distrikten Emmaville und Inverell in Neu Süd Wales beschrieben worden sind [1]). Auch Wismut führende Röhrengänge sind dort bekannt.

Wir erinnern endlich an unsere Beobachtung zu Zinnwald in Sachsen (I. S. 209 vgl. Fig. 100).

Die Zinnerzlagerstätten der Seward Halbinsel in Alaska.

Die von uns in I. S. 307 gebrachte Skizze war nur auf den vorläufigen Bericht A. Knopfs in Bull. 345 angewiesen gewesen. Inzwischen hat dieser Forscher seine Beobachtungen ausführlicher veröffentlicht [2]). Sie sind für das Verständnis der Zinnerzlagerstätten überhaupt so wichtig, daß wir nochmals auf die Seward Halbinsel zurückkommen müssen.

Am Tin Creek ist inzwischen eine ganz neue Art von Zinnerzlagerstätten bekannt geworden: Innerhalb des kontaktmetamorph durch Granit veränderten paläozoischen Kalksteins bemerkt man Gänge von symmetrisch-feingebänderter Struktur. Sie bestehen aus dunklen und hellen, dünnen Lagen von Fluorit, basischem Feldspat und Pyroxen mit etwas grünem Glimmer, Arsenkies, Zinnstein und Scheelit. An diese Gänge sind konzentrisch-lagenförmig aufgebaute, kugelige Ausbuchtungen angegliedert, die völlig an die von Pitkäranta I. S. 138 beschriebenen Erzschläuche erinnern. Sie sind aus Fluorit, Hornblende, Vesuvian, basischem Plagioklas und Magnetit zusammengesetzt. Einmal nahm auch Granat teil. A. Knopf gibt von diesen Gebilden dieselbe Erklärung, die wir schon für die Erzschläuche von Pitkäranta aussprachen. Darnach handelt es sich nicht um Krustenbildung, wie schon daraus hervorgeht, daß die konzentrisch-schaligen Massen zuweilen untereinander in Interferenz treten können. Es sind vielmehr metasomatische Vorgänge die Ursache für das Zustandekommen dieser Bänderstruktur gewesen. Von Spalten aus wurden Lösungen mit viel Fluor, Aluminium, Kieselsäure, Eisen und Natrium in den Kalkstein hineingepreßt und veranlaßten im Austausch mit dem gelösten Kalzit jene Mineralien, die kolonnenweise immer weiter vorrückten, wie die konzentrischen Ringe von $Ag_2Cr_2O_7$ bei dem chemisch-physikalischen Experiment von Liesegang. (Hierbei wird ein Tropfen von $AgNO_3$ auf eine mit $K_2Cr_2O_7$ imprägnierte Gelatine gebracht).

Ebenfalls größere Bedeutung unter den Vorkommen der Seward Halbinsel haben die von A. Knopf aufgefundenen neuen Begleiter des Zinnsteins. Unter diesen befindet sich eine zinnsaure und zugleich borsaure Verbindung von Eisen und Mangan, der Paigeit, ferner ein dem Magnetit nahestehendes, zinnreiches Mineral, der Hulsit, die neben Ludwigit, dem eisenreichen Magnesiumborat, borhaltigem Ve-

---

[1]) *Mineral Resources of N. S. Wales.* 1901, p. 141.

[2]) A. Knopf. *The Seward Peninsula Tin Deposits* in Bull. U. S. Geol. Surv. Nr. 345, 1908, p. 251—268 (nicht 545). — *Geology of the Seward Peninsula Tin Deposits, Alaska.* Bull. 358, 1908, 71 p. with maps and plates.

suvian, Danburit, dem Kalziumborosilikat, sowie dem häufigen Turmalin die Reihe der dortigen Bormineralien vergrößert haben.

Am Cassiterite Creek setzt im Kalkstein ein Gang von Quarzporphyr auf, der stark umgewandelt ist. Er besteht nämlich lokal aus Danburit mit radialstrahligen Gruppen von Turmalin und viel Arsenkies, sowie mikroskopisch fein eingesprengtem Zinnstein. Sein Nebengestein ist in grobspätigen Kalzit umgewandelt oder hat Tremolit, Danburit und Topas aufgenommen.

Bis 1907 hatte die Zinnproduktion dieser Region in Alaska insgesamt einen Wert von $ 92640 erreicht.

Die goldführenden Konglomerate vom Witwatersrand in Südafrika.

Als Anhang zum Abschnitt hierüber in II. S. 183—200 möge hier auf die inzwischen durch M. Weber[1]) an mehreren Stellen in den Witwatersrandschichten nachgewiesenen Intrusivmassen von albitreichen, sauren Eruptivgesteinen (Granitporphyren und Mikrograniten) aufmerksam gemacht werden. Der Mikrogranit aus Cinderella Deep besitzt einen bis 2,8 dwts ansteigenden Goldgehalt. Hierdurch hat die Hypothese von der nachträglichen Zuführung des Goldes eine neue Stütze erhalten.

---

[1]) M. Weber. *Notes on acid intrusives in the Witwatersrand system.* Geol. Soc. S. Afrika, 17 th May 1909, p. 67—77, Pl. IX—X.

Sachregister.

A.

F.

G.

H.

L.

M.

S.

T.

Ortsregister.

D.

E.

T.

UNIV. OF MICHIGAN,
JUN 10 1914

Verlag von Gebrüder Borntraeger in Berlin
SW 11 Grossbeerenstrasse 9

Geologie der Steinkohlenlager von **Professor Dr. A. Dannenberg.** Erster Teil. Mit zahlreichen Textabbildungen. Geheftet 6 Mk. 50 Pf.

Der zweite Teil befindet sich in Vorbereitung.

Geologie von Pommern von **Professor Dr. W. Deecke.** Mit 40 Textabbildungen. Preis geheftet 9 Mk. 60 Pf., in Leinen gebunden 11 Mk. 20 Pf.

Zwei geologische Moorprofile von **Professor Dr. C. A. Weber.**
I.: Niedermoor. — II.: Hochmoor mit ihrer natürlichen torfbildenden Vegetationsdecke. Mit Erläuterungsschrift. Beide Tafeln zusammen 20 Mk. Aufgezogen auf Leinwand mit Stäben 32 Mk.

Leitfossilien. Ein Hilfsbuch bei der geologischen Arbeit in der Sammlung und im Felde von **Professor Dr. Georg Gürich.**

Erste Lieferung: **Kambrium und Silur.** Text: Bogen 1 bis 6 und Tafel 1 bis 28. Geheftet 18 Mk.

Zweite Lieferung: **Devon.** Bogen 7 bis 12 und Tafel 29 bis 52. Subskriptionspreis 14 Mk.

Geologisches Centralblatt. Anzeiger für Geologie, Petrographie, Paläontologie und verwandte Wissenschaften. In Verbindung mit zahlreichen Fachgenossen herausgegeben von **Professor Dr. K. Keilhack,** Kgl. Landesgeologen in Berlin.

Das „Geologische Centralblatt“ erscheint in Heften am 1. und 15. jeden Monats zum Preise von 32 Mk. 50 Pf. für den Band. Band 1 bis 12 liegen abgeschlossen vor: Preis 390 Mk.

Ausführliche Prospekte gratis und franko

Verlag von Gebrüder Borntraeger in Berlin
SW 11 Grossbeerenstrasse 9

Die kristallinen Schiefer von **Dr. U. Grubenmann,** Professor am Eidgenöss. Polytechnikum und an der Univ. Zürich.

I. Allgemeiner Teil. Mit 7 Textfiguren und 2 Tafeln. In Leinen gebunden 3 Mk. 40 Pf.

II. Spezieller Teil. Mit 8 Textfiguren und 8 Tafeln. In Leinen gebunden 9 Mk. 60 Pf.

Petrographisches Praktikum von **Prof. Dr. Reinhold Reinisch,** Privatdozent an der Universität Leipzig.

Erster Teil: **Gesteinbildende Mineralien.** Zweite Auflage. Mit 81 Textfiguren und 5 Tabellen. In Leinenband 4 Mk. 60 Pf.

Zweiter Teil: **Gesteine.** Vergriffen. — Neue Auflage in Vorbereitung.

Die diamantführenden Gesteine Südafrikas. Ihr Abbau und ihre Aufbereitung von **Dr. Ing. Percy A. Wagner.** Mit 29 Textabbildungen und 2 Tafeln. Geheftet 7 Mk.

Steinbruchindustrie und Steinbruchgeologie. Technische Geologie nebst praktischen Winken für die Verwertung von Gesteinen. Zum Gebrauch von Geologen, Steinbruchbetriebsleitern, Ingenieuren, Architekten, Technikern, Baubehörden, Gewerbeinspektoren, Studierenden usw. von **Dr. O. Herrmann.** Mit 6 Tafeln und 17 Textfiguren. In Ganzleinen gebunden 11 Mk. 50 Pf.

Geologischer Wegweiser durch das Dresdener Elbtalgebiet zwischen Meißen und Tetschen von **Prof. Dr. R. Beck.** Mit Karte. Gebunden 2 Mk. 50 Pf.

Zeitschrift für Gletscherkunde, für Eiszeitforschung und Geschichte des Klimas. Organ der international. Gletscherkommission. Herausgegeben von **Dr. Eduard Brückner,** Professor an der Universität Wien. Fünf Hefte bilden einen Band zum Preise von 18 Mk. Bd. I—III liegen abgeschlossen vor; Bd. IV befindet sich im Erscheinen.

Ausführliche Prospekte gratis und franko

